



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 14 142 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 03 F 7/038**  
H 01 L 21/027

⑲1 Aktenzeichen: 198 14 142.4  
⑲2 Anmeldetag: 30. 3. 98  
⑲3 Offenlegungstag: 15. 10. 98

DE 198 14 142 A 1

③0 Unionspriorität:  
9-80940 31. 03. 97 JP  
⑦1 Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
⑦4 Vertreter:  
Prüfer und Kollegen, 81545 München

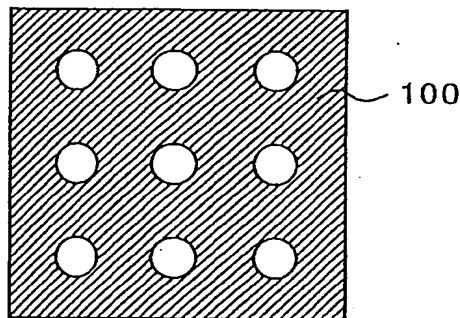
⑦2 Erfinder:  
Ishibashi, Takeo, Tokio/Tokyo, JP; Toyoshima,  
Toshiyuki, Tokio/Tokyo, JP; Minamide, Ayumi,  
Tokio/Tokyo, JP; Katayama, Keiichi, Itami, Hyogo,  
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Material zur Ausbildung eines feinen Musters und Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung desselben

⑤7 Ein Resistmuster, das ein Material enthält, das zum Erzeugen einer Säure durch Belichtung mit Licht in der Lage ist, wird mit einem Resist bedeckt, der ein Material enthält, das zur Vernetzung in der Anwesenheit einer Säure in der Lage ist. Die Säure wird in dem Resistmuster durch Anwenden von Wärme oder durch Belichtung mit Licht erzeugt und eine vernetzte Schicht wird an der Grenzfläche als eine Abdeckschicht für das Resistmuster ausgebildet, wodurch sie verursacht, daß das Resistmuster verdickt wird. Derart kann der Lochdurchmesser des Resistmusters (100) reduziert oder die Trennungsbreite des Resistmusters (200, 300) reduziert werden.



DE 198 14 142 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters und auf ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung desselben.

Genauer bezieht sie sich auf ein Material für fein getrennte Resistmuster, das zur Reduzierung einer Trennungsgröße oder Lochgröße in dem Muster in der Lage ist bzw. zur Erzielung einer solchen Wirkung verwendet werden kann, wenn das Resistmuster in einem Herstellungsverfahren für eine Halbleitervorrichtung verwendet wird, und auf ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Musters unter Verwendung desselben. Des weiteren bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung des fein getrennten Resistmusters und auf eine Halbleitervorrichtung, die entsprechend des Verfahrens hergestellt worden ist.

Mit der höheren Integration von Halbleitervorrichtungen sind bei den Herstellungsverfahren die Anforderungen an die Breite von Verbindungen bzw. Verbindungsleitern und Trennungen bzw. Isolierungen sehr hoch geworden, das heißt diese Breiten sollen sehr fein (d. h. mit kleinen Abmessungen) sein. Im allgemeinen wird ein feines Muster entsprechend eines Verfahrens ausgebildet, bei dem ein Resistmuster durch eine photolithographische Technik ausgebildet wird und verschiedene unter dem Resistmuster liegende dünne Schichten entsprechend unter Verwendung des derart ausgebildeten Musters als Maske geätzt werden.

Für die Ausbildung eines feinen Musters ist daher die photolithographische Technik sehr wichtig. Die photolithographische Technik umfaßt das Beschichten mit einem Resist, die Maskenausrichtung, die Belichtung mit Licht und die Entwicklung. Diese Technik hat eine Grenze hinsichtlich der Feinheit aufgrund der Beschränkungen, die durch die Wellenlänge des Belichtungslichtes auferlegt werden.

Des weiteren weist der herkömmliche lithographische Prozeß eine Schwierigkeit bei der Steuerung des Ätzwiderstandes eines Resists auf, was es unmöglich macht, das Oberflächenprofil vollständig so zu steuern, daß das geätzte Muster auf den Oberflächen von Seitenwänden durch die Steuerung des Ätzwiderstandes rau gemacht ist.

Wie oben beschrieben worden ist, wenn die herkömmliche photolithographische Technik, die eine Belichtung mit Licht umfaßt, verwendet wird, ist es schwierig, ein feines Resistmuster auszubilden, das die Grenze der Wellenlänge überschreitet.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters und ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung desselben anzugeben, die diese Probleme überwinden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters nach Anspruch 1 oder 3 oder 6 bzw. ein Verfahren nach Anspruch 10.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die vorliegende Erfindung liefert ein wasserlösliches Material, welches die Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters zur Ausbildung eines feinen Trennungsmusters oder eines feinen Lochmusters realisiert. Das wasserlösliche Material wird die Ausbildung eines feinen Musters, das die Wellenlängenbeschränkung überschreitet, sicherstellen und einen darunterliegenden Resist nicht lösen. Die vorliegende Erfindung liefert weiter eine Technik zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters. Die vorliegende Erfindung liefert außerdem eine Technik des Aufrauhens der Oberflächen von Seitenwänden eines Musters nach dem Ätzen, was

entsprechend der herkömmlichen Lithographietechnik schwierig zu kontrollieren bzw. zu steuern war.

Des weiteren liefert die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung durch Verwendung der Technik des Ausbildens eines fein getrennten Resistmusters und liefert außerdem eine Halbleitervorrichtung, die durch das Verfahren hergestellt ist.

Entsprechend einer Ausführungsform weist ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters eine Art von wasserlöslichem Harz, oder einer Mischung von zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen, oder ein Copolymer, das aus zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen zusammengesetzt ist, als eine Hauptkomponente auf, welche in der Anwesenheit einer Säure eine Vernetzungsreaktion erzeugt.

Bei einer anderen Ausführungsform besteht das Material zur Ausbildung eines feinen Musters, als eine Hauptkomponente, aus Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Polyethylenoxid, Styrolmaleinsäurecopolymer, Polyvinylamin, Polyallylamin, Oxazolon-Gruppen-enhaltenden Harzen, wasserlöslichen Melaminharzen, wasserlöslichen Harnstoffharzen, Alkydharzen, Sulfonamidharzen oder Mischungen derselben oder einem Salz derselben.

Entsprechend einer Ausführungsform weist ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters eine oder mehr Arten von wasserlöslichen vernetzenden Agentien als eine Hauptkomponente auf, die in der Anwesenheit einer Säure eine Vernetzungsreaktion erzeugt.

Bei einer anderen Ausführungsform besteht bei dem Material zur Ausbildung eines feinen Musters das wasserlösliche vernetzende Agens, als eine Hauptkomponente, aus Melamin, einem Melaminderivat inklusive Alkoxy-methylenmelamin, oder einem Harnstoffderivat, Benzoguanamin, Glycoluril oder Mischungen derselben.

Bei einer anderen Ausführungsform besteht bei dem Material zur Ausbildung eines feinen Musters das Harnstoffderivat, als eine Hauptkomponente aus Harnstoff, einem Alkoxy-methylenharnstoff, N-Alkoxy-methylenharnstoff, Ethylenharnstoff, Ethylenharnstoffkarbonsäure, oder Mischungen derselben.

Bei einer anderen Ausführungsform weist ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters als eine Hauptkomponente, eine Mischung von einer oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen und von einer oder mehr Arten von wasserlöslichen vernetzenden Agentien auf, welches eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure erzeugt.

Bei einer anderen Ausführungsform ist bei dem Material zur Ausbildung eines feinen Musters das wasserlösliche Harz ausgewählt aus Polyvinylacetal, Polyvinylalkohol, und einer Mischung aus Polyvinylalkohol und Polyvinylacetal, und das wasserlösliche vernetzende Agens ist ausgewählt aus einem Melaminderivat, einem Harnstoffderivat, und einer Mischung aus den Melamin- und Harnstoffderivaten.

Entsprechend einer anderen Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung ein erstes Resistmuster aus einem ersten Resist auf einer Halbleiterbasisschicht ausgebildet. Das erste Resistmuster wird einer Oberflächenbehandlung durch ein saures Gas oder einer Wärmebehandlung, einer Belichtung, oder sowohl einer Belichtung als auch einer Wärmebehandlung unterworfen. Auf dem ersten Resistmuster wird ein zweiter Resist ausgebildet, der in der Anwesenheit einer Säure eine Vernetzungsreaktion erzeugt. Eine vernetzte Schicht wird in einem Abschnitt des zweiten Resistes, der in Kontakt mit dem ersten Resistmuster ist, durch die Vermittlung einer Säure, die aus dem ersten Resistmuster zugeführt wird, aus-

gebildet. Nicht-vernetzte Abschnitte des zweiten Resistes werden zur Ausbildung eines zweiten Resistmusters entfernt. Letztendlich wird die Halbleiterbasisschicht einem Ätzen unter Verwendung des zweiten Resistmusters als Maske unterworfen.

Bei einer anderen Ausführungsform weist bei dem Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung der erste Resist, als eine Hauptkomponente, eine Mischung aus Novolakharz und einem photosensitiven Naphtoquinondiazid-Agens auf.

Bei einer anderen Ausführungsform ist bei dem Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung der erste Resist zusammengesetzt aus einem chemisch verstärkten Resist, der zum Erzeugen einer Säure in der Lage ist.

Bei einer anderen Ausführungsform ist bei dem Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung der zweite Resist zusammengesetzt aus einem Material zur Ausbildung eines feinen Musters, wie es in einem der Ansprüche 1 bis 9 definiert ist.

Bei einer anderen Ausführungsform ist bei dem Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung der zweite Resist zusammengesetzt aus einem Material zur Ausbildung eines feinen Musters, wie es in den Ansprüchen 6 oder 7 definiert ist, und der Grad der Reaktion mit dem ersten Resist wird gesteuert durch Steuern eines Mischungsverhältnisses zwischen dem wasserlöslichen Harz und dem wasserlöslichen vernetzenden Agens.

Bei einem anderen Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung weist der zweite Resist Polyvinylacetal auf, und der Grad der Reaktion mit dem ersten Resist wird gesteuert durch Steuerung des Grades der Acetalisierung des Polyvinylacetals.

Bei einer anderen Ausführungsform ist bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung ein Lösungsmittel für den zweiten Resist Wasser oder ein wasserlösliches gemischtes Lösungsmittel.

Bei einer anderen Ausführungsform werden bei dem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung das erste Resistmuster und der zweite Resist, der auf dem ersten Resistmuster ausgebildet ist, thermisch behandelt zur Ausbildung einer vernetzten Schicht in dem zweiten Resist, der in Kontakt mit der Oberfläche des ersten Resistmusters ist.

Bei einer anderen Ausführungsform wird bei dem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung das erste Resistmuster einer Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl in Abschnitten, die andere als ein vorbestimmter Bereich desselben sind, unterworfen, und der zweite Resist wird auf dem bestrahlten ersten Resistmuster ausgebildet, und die vernetzte Schicht wird in dem zweiten Resist auf dem vorbestimmten Bereich des ersten Resistmusters ausgebildet.

Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren. Von den Figuren zeigen:

**Fig. 1(a)–1(c)** Ansichten, die ein Maskenmuster zeigen, das ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert;

**Fig. 2(a) bis 2(e)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend der ersten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 3(a)–3(f)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend der ersten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 4** Beispiele der wasserlöslichen Harze, die als der zweite Resist entsprechend der ersten Ausführungsform verwendet werden;

**Fig. 5** Beispiele der wasserlöslichen vernetzenden Agen-

ten, die als der zweite Resist entsprechend der ersten Ausführungsform verwendet werden;

**Fig. 6(a)–6(f)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend der ersten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 7(a)–7(f)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend der ersten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 8(a)–8(e)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend einer zweiten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 9(a)–9(g)** Prozeßablaufansichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend einer dritten Ausführungsform illustrieren;

**Fig. 10(a)–10(c)** erste Resistmuster in Beispielen 1, 2 und 3;

**Fig. 11(a)–11(c)** erste Resistmuster in Beispiel 4;

**Fig. 12(a)–12(c)** erste Resistmuster in Beispiel 5;

**Fig. 13** ein zweites Resistmuster in Beispiel 14;

**Fig. 14** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischungsverhältnis der wasserlöslichen Harze und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 14 zeigt;

**Fig. 15** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Anwesenheit oder Abwesenheit einer Belichtung mit Licht und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 15 zeigt;

**Fig. 16 (a)–16(c)** zweite Resistmuster in Beispiel 16;

**Fig. 17** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Mischungsbacktemperatur und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 16 zeigt;

**Fig. 18** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischungsverhältnis der wasserlöslichen Materialien und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 17 zeigt;

**Fig. 19** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen den Mengen des wasserlöslichen Materials und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 18 zeigt;

**Fig. 20** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischungsverhältnis der wasserlöslichen Materialien oder der Mischungsbacktemperatur und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 19 zeigt;

**Fig. 21** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen den Typen der wasserlöslichen Materialien und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 20 zeigt;

**Fig. 22** eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Anwesenheit oder der Abwesenheit einer Elektronenstrahlbestrahlung und der Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht in Beispiel 21 zeigt;

**Fig. 23** eine Ansicht, die ein zweites Resistmuster in Beispiel 22 zeigt; und

**Fig. 24(a)–24(c)** Ansichten, die eine Musterform nach dem Ätzen einer darunterliegenden Oxidschicht in Beispiel 22 zeigen.

#### Erste Ausführungsform

**Fig. 1(a) bis 1(c)** sind Ansichten, die ein Maskenmuster zeigen, das zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters, auf welches die Erfindung gerichtet ist, verwendet wird. **Fig. 1(a)** ist ein Maskenmuster **100** für feine Löcher, **Fig. 1(b)** ist ein Maskenmuster **200** für feine Zwischenräume, und **Fig. 1(c)** ist ein Inselmuster **300**.

Die **Fig. 2(a) bis 2(e)**, **Fig. 3(a) bis 3(f)**, **Fig. 6(a) bis 6(f)** und **Fig. 7(a) bis 7(f)** zeigen entsprechend Prozeßablaufan-

sichten, die ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustrieren.

Es wird nun auf die Fig. 1(a) bis 1(c) und die Fig. 2(a) bis 2(e) werden ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters und ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung desselben entsprechend der ersten Ausführungsform beschrieben.

Zuerst wird, wie in Fig. 2(a) gezeigt ist, ein erster Resist 1 auf einen Halbleitersubstrat oder Halbleiterwafer 3 mit einer Dicke von zum Beispiel ungefähr 0,7 bis 1,0 µm ausgebildet. Der erste Resist 1 weist einen Mechanismus des Erzeugens einer Säure von innerhalb desselben durch eine geeignete thermische Behandlung auf, d. h. in dem ersten Resist wird bei einer geeigneten thermischen Behandlung eine Säure erzeugt.

Der erste Resist 1 kann, zum Beispiel, durch Schleuderbeschichtung auf dem Halbleitersubstrat 3 ausgebildet werden, gefolgt durch ein Vorbacken, d. h. eine thermische Behandlung bei 70 bis 110°C für ungefähr 1 Minute, um ein Lösungsmittel in dem ersten Resist 1 zum Verdampfen zu bringen.

Danach wird zur Ausbildung eines ersten Resistmusters der erste Resist 1 mit Licht durch eine Maske, die ein Muster aufweist, wie es in den Fig. 1(a), 1(b), oder 1(c) gezeigt ist, belichtet. Das Belichtungslicht oder der Strahl können ein g-Strahl, ein i-Strahl, tiefes UV-Licht, ein KrF-Excimerlaserstrahl, ein ArF-Excimerlaserstrahl, ein Elektronenstrahl (EB), Röntgenstrahlung oder ähnliches sein, die eine Wellenlänge aufweisen, die einer Sensibilisierungswellenlänge des ersten Resistes 1 entspricht.

Das Material für den ersten Resist kann ein solches sein, welches einen Mechanismus zum Erzeugen einer sauren bzw. säurehaltigen Komponente innerhalb des Resistes durch eine geeignete thermische Behandlung aufweist, und es kann von dem positiven oder negativen Typ sein.

Zum Beispiel kann der erste Resist 1 ein positiver Resist sein, der aus Novolakharz und einem photoempfindlichen bzw. strahlungsempfindlichen Naphthochinondiazid-Agens gebildet ist.

Des weiteren kann ein chemisch verstärkter Resist, der Gebrauch von einem Säureerzeugungsmechanismus macht, ebenfalls als der erste Resist verwendet werden. Andere Typen von Resistmaterialien können ebenfalls verwendet werden, solange sie Reaktionssysteme des Erzeugens einer Säure bei Anwendung von Wärme bzw. Hitze verwenden.

Nach der Belichtung des ersten Resist 1 kann ein Nachbelichtungsbacken (PEB = Post Exposure Baking) zum Beispiel bei einer PEB-Temperatur von 50 bis 130°C, ausgeführt werden, falls es zum Verbessern der Auflösung des Resistes 1 notwendig ist.

Nachfolgend wird eine alkalische wässrige Lösung von ungefähr 0,05 bis 3,0 Gewichts-% von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) zur Entwicklung verwendet. Fig. 2(b) zeigt ein erstes Resistmuster 1a, das auf diese Weise ausgebildet worden ist.

Nach der Vervollständigung bzw. dem Abschluß der Entwicklung kann ein Nachentwicklungsbacken, zum Beispiel bei einer Backtemperatur von 60 bis 120°C für ungefähr 60 Sekunden, bewirkt werden, falls es notwendig ist. Diese thermische Behandlung beeinflusst eine nachfolgende Mischreaktion und sollte bevorzugterweise bei einer geeigneten Temperatur, die dem Typ des ersten Resistes oder zweiten Resistes entspricht, eingestellt werden.

Die obigen Schritt sind ähnlich zu denjenigen zur Ausbildung eines Resistmusters entsprechend eines herkömmlichen Resistausbildungsprozesses, ausgenommen, daß hier der erste Resist 1 verwendet wird, der zur Erzeugung einer

Säure in der Lage ist.

Als nächstes wird, wie in Fig. 2(c) gezeigt ist, ein zweiter Resist 2 auf das Halbleitersubstrat 3 beschichtet. Der zweite Resist ist hauptsächlich aus einem vernetzbaren Material zusammengesetzt, das zur Vernetzung in der Anwesenheit einer Säure in der Lage ist und in einem Lösungsmittel gelöst ist, das nicht zum Auflösen des ersten Resistes 1 oder 1a in den Fig. 2(a), 2(b) oder 2(c) in der Lage ist.

Das Beschichtungsverfahren für den zweiten Resist 2 ist nicht kritisch, vorausgesetzt, daß er gleichmäßig auf das erste Resistmuster 1a beschichtet wird. Der zweite Resist kann durch eine Sprühbeschichtung, Schleuderbeschichtung oder ein Eintauchen in eine Lösung des zweiten Resistes beschichtet bzw. aufgebracht werden.

Nach dem Beschichten bzw. Aufbringen des zweiten Resistes kann der zweite Resist 2, zum Beispiel bei 85°C für 60 Sekunden, vorgebacken werden, falls es notwendig ist.

Als nächstes werden, wie es in Fig. 2(d) gezeigt ist, das erste Resistmuster 1a und der zweite Resist 2, die auf dem Halbleitersubstrat 1 ausgebildet sind, thermisch behandelt oder zur Mischung gebacken, was im folgenden einfach als MB bezeichnet wird, zum Beispiel bei einer Backtemperatur von 85 bis 150°C. Dadurch wird die Säure dazu gebracht, von dem ersten Resistmuster 1a in den zweiten Resist 2 zu diffundieren, und eine Vernetzungsreaktion tritt an der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 2 und dem ersten Resistmuster 1a auf. Die Mischungsbacktemperatur/Zeit ist, zum Beispiel, 85°C bis 150°C/60 bis 120 Sekunden und die optimalen Bedingungen können abhängig von den Typen der Resistmaterialien und der notwendigen Dicke der Reaktionsschicht, d. h. der durch die Reaktion entstehenden Schicht, eingestellt werden.

Durch das Mischungsbacken wird die vernetzte Schicht 4, in der die Vernetzungsreaktion stattgefunden hat, in dem zweiten Resist 2 derart ausgebildet, daß das erste Resistmuster 1a mit dieser bedeckt wird bzw. ist.

Als nächstes werden, wie es in Fig. 2(e) gezeigt ist, unter Verwendung eines flüssigen Entwicklers wie Wasser oder einer alkalischen wässrigen Lösung wie TMAH die nicht-vernetzten Abschnitte des zweiten Resist 2 entwickelt und entfernt, so daß ein zweites Resistmuster 2a ausgebildet wird. Auf diese Weise kann ein Resistmuster erhalten werden, das einen reduzierten inneren Durchmesser eines Lochmusters, eine reduzierte Trennungsbreite eines Linienmusters oder eine vergrößerte Fläche eines Inselmusters aufweist.

Wie oben beschrieben worden ist, bei dem Verfahren zur Ausbildung eines feinen Resistmusters, das unter Bezugnahme auf die Fig. 2(a) bis 2(e) gezeigt und beschrieben worden ist, wird die zweite Resistschicht 2 auf dem ersten Resistmuster 1a ausgebildet, und dann wird eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a durch eine geeignete thermische Behandlung erzeugt und in den zweiten Resist 2 diffundiert.

Nun wird eine andere Prozedur zur Erzeugung einer Säure durch das Aussetzen an Licht bzw. die Belichtung mit Licht anstelle oder vor der thermischen Behandlung beschrieben.

Die Fig. 3(a) bis 3(f) zeigen eine Ablaufdarstellung, die ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters in dieser Prozedur illustrieren. Die Schritte, die in den Fig. 3(a) bis 3(c) gezeigt sind, sind ähnlich bzw. identisch zu denjenigen aus den Fig. 2(a) bis 2(c), so daß zur Vermeidung der doppelten Erläuterung auf die dortige Beschreibung Bezug genommen wird.

Es ist zu bemerken, daß der erste Resist 1 ein chemisch verstärkter Resist sein kann, der Gebrauch von einem Mechanismus zum Erzeugen einer Säure durch Belichtung mit Licht bzw. das Aussetzen an Licht macht. In dem chemisch

verstärkten Resist tritt eine Reaktion zur Bildung eines sauren Katalysators bei Anwendung von Licht, einem Elektronenstrahl, Röntgenstrahlung oder ähnlichem auf, und die Verstärkungsreaktion, die durch den sauren Katalysator verursacht wird, wird verwendet bzw. ausgenutzt.

Nach der Ausbildung des zweiten Resists 2, der in Fig. 3(c) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 1 erneut dem g- oder i-Strahl einer Hg-Lampe auf der gesamten Oberfläche desselben ausgesetzt bzw. entsprechend belichtet, wie es insbesondere in Fig. 3(d) gezeigt ist. Dadurch wird verursacht, daß eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a erzeugt wird. Als ein Ergebnis wird, wie es in Fig. 3(e) gezeigt ist, eine vernetzte Schicht 4 entlang der Grenzfläche des zweiten Resists 2 mit dem ersten Resistmuster 1a gebildet.

Als Lichtquelle, die für die Belichtung verwendet wird, können Hg-Lampen, ein KrF-Excimerlaser, ein ArF-Excimerlaser und ähnliches, abhängig von der Sensibilisierungswellenlänge des ersten Resists 1 oder 1a, verwendet werden. Die Lichtquelle ist nicht kritisch, solange eine Säure durch die Belichtung mit Licht erzeugt wird, und eine geeignete Lichtquelle oder Belichtungs- bzw. Strahlungsquelle kann abhängig von der Sensibilisierungswellenlänge des verwendeten ersten Resists 1, d. h. der Wellenlänge auf die der verwendete erste Resist 1 anspricht, ausgewählt werden.

Wie oben beschrieben worden ist, wird in dem Verfahren, das in den Fig. 3(a) bis 3(f) gezeigt ist, nach dem Beschichten bzw. Auftragen des zweiten Resists 2 eine Belichtung ausgeführt und eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a erzeugt. Da die Belichtung mit Licht bzw. einer anderen Strahlung in einem solchen Zustand ausgeführt wird, in dem das erste Resistmuster 1a mit dem zweiten Resist 2 bedeckt ist, kann der Betrag bzw. die Menge der in dem ersten Resistmuster 1a erzeugten Säure über einen weiten Bereich präzise durch Steuern der Belichtung gesteuert werden. Derart kann die Dicke der Reaktionsschicht 4 genau gesteuert werden.

Falls es notwendig ist, wird das Halbleitersubstrat 1 bei zum Beispiel 60 bis 130°C thermisch behandelt oder mischungsgebacken. Durch die thermische Behandlung wird die Säure aus dem ersten Resistmuster 1a mehr bzw. stärker in den zweiten Resist 2 diffundiert, wodurch erleichtert wird, daß die Vernetzungsreaktion an der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 2 und dem ersten Resistmuster 1a auftritt. Die Mischungsbacktemperatur und -zeit sind 60 bis 130°C und 120 Sekunden, wobei die optimalen Bedingungen innerhalb dieses Bereiches abhängig von den Typen der Resistmaterialien und der notwendigen Dicke der Reaktionsschicht eingestellt werden.

Durch das Mischungsbacken wird die vernetzte Schicht 4 in dem zweiten Resist 2 derart ausgebildet, daß sie das erste Resistmuster 1a bedeckt.

Der Schritt, der in Fig. 3(f) gezeigt ist, ist ähnlich bzw. identisch zu demjenigen aus Fig. 2(e). Auf diese Weise kann ein Resistmuster erhalten werden, bei dem ein innerer Lochdurchmesser oder eine Trennungsbreite eines Linienmusters reduziert ist oder eine Fläche in einem Inselmuster vergrößert ist.

Das obige Verfahren, d. h. das Verfahren des Erzeugens einer Säurekomponente in dem ersten Resistmuster 1a durch Belichtung mit Licht, wie es unter Bezugnahme auf die Fig. 3(a) bis 3(f) illustriert worden ist, ist geeignet zur Anwendung auf den Fall, in dem die Reaktivität des ersten Resists 1 und des zweiten Resists 2 relativ niedrig ist, und für den Fall, in dem eine relativ dicke vernetzte Schicht benötigt wird, oder für den Fall, in dem die gleichförmige Vernetzungsreaktion insbesondere gefordert bzw. benötigt wird.

Als nächstes wird das Material für den zweiten Resist 2 erläutert.

Der zweite Resist kann alleine aus einem vernetzbaren wasserlöslichem Harz oder einer Mischung dieser Harze bestehen bzw. zusammengesetzt sein. Alternativ kann ein wasserlösliches vernetzendes Agens alleine oder eine Mischung dieser Agentien ebenfalls verwendet werden. Ähnlich können Mischungen dieser wasserlöslichen Harze und wasserlöslichen vernetzenden Agentien verwendet werden.

Dort wo eine Mischung als der zweite Resist verwendet wird, sollte ihre optimale Zusammensetzung abhängig von dem Typ des ersten Resistmaterials und vorgeschriebenen Reaktionsbedingungen bestimmt werden, und sie ist nicht auf irgendeine spezifische Zusammensetzung begrenzt.

Des weiteren wird, als der zweite Resist, bevorzugterweise ein Copolymer, das aus zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen als einer Hauptkomponente zusammengesetzt ist, verwendet, das in der Lage ist, in der Anwesenheit einer Säure eine Vernetzungsreaktion zu erzeugen oder sich einer Vernetzungsreaktion zu unterziehen.

Beispiele der wasserlöslichen Harze, die als der zweite Resist verwendet werden, enthalten, wie in Fig. 4 gezeigt ist, Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Polyethylenoxid, Styrolmaleinsäurecopolymer, Polyvinylaminharz, Polyallylamin, Oxazolone-Gruppenhaltige Harze, wasserlösliche Melaminharze, wasserlösliche Harnstoffharze, Alkylharze, Sulfonamidharze und ähnliches. Die Harze sind nicht kritisch, falls sie in der Anwesenheit einer sauren bzw. säurehaltigen Komponente einer Vernetzungsreaktion unterliegen. Alternativ ist es, falls sie keiner Vernetzungsreaktion unterliegen, ausreichend, daß die Harze mit einem wasserlöslichen vernetzenden Agens mischbar sind. Diese Harze können effektiv selbst oder in Kombination verwendet werden.

Diese wasserlöslichen Harze können einzeln oder in Kombination von zwei oder mehreren Harzen verwendet werden und sie können geeignet abhängig von den Reaktionsbedingungen und der Reaktivität mit dem darunterliegenden ersten Resist 1 eingestellt werden.

Diese wasserlöslichen Harze können in Salze wie Hydrochlorid zum Zwecke der Verbesserung der Löslichkeit in Wasser umgewandelt werden.

Die wasserlöslichen vernetzenden Agentien, die als der zweite Resist verwendet werden, enthalten, wie in Fig. 5 gezeigt ist, vernetzende Agentien der Harnstoffgruppe wie Harnstoff, Alkoxymethylenharnstoffe, N-Alkoxymethylenharnstoffe, Ethylenharnstoff, Ethylenharnstoffkarboxylate und ähnliches, vernetzende Agentien der Melamingruppe wie Melamin, Melaminderivate inklusive Alkoxymethylenmelamin, und vernetzende Amino-Agentien wie Benzoguanamin, Glycoluril, Glycolurilformaldehyd und ähnliches. Derart ist der zweite Resist nicht nur auf vernetzende Amino-Agentien begrenzt und kann jedwede wasserlösliche vernetzende Agentien enthalten, die eine Vernetzung in der Anwesenheit einer Säure erzeugen.

Des weiteren können die wasserlöslichen Resistmaterialien, die für den zweiten Resist verwendet werden, Mischungen dieser Harze und der vernetzenden Agentien (Vernetzungsagentien) sein. In diesen Mischungen können die Harze einzeln oder in Kombination verwendet werden und die vernetzenden Agentien können ebenfalls einzeln oder in Kombination verwendet werden.

Zum Beispiel wird bevorzugterweise eine Mischung aus einem Polyvinylacetalharz als das wasserlösliche Harz und Ethylenharnstoff als dem wasserlöslichen vernetzenden Agens verwendet. In diesem Fall zeigt die Lösung der Mischung eine gute Lagerungsstabilität aufgrund der hohen Löslichkeit in Wasser.

Es ist zu bemerken, daß das Material, das als der zweite Resist verwendet wird, nicht kritisch ist, vorausgesetzt daß

es in Wasser löslich ist oder in einem wasserlöslichen Lösungsmittel, das nicht in der Lage ist, das erste Resistmuster zu lösen, löslich ist, und einer Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer sauren oder säurehaltigen Komponente unterliegt.

Wie im Vorhergehenden ausgeführt worden ist, kann die Vernetzungsreaktion nur durch thermische Behandlung ohne Erzeugung einer Säure durch erneutes Belichten des ersten Resistmusters 1a fortschreiten. In diesem Fall ist es zu bevorzugen, daß ein Material einer hohen Reaktivität als der zweite Resist 2 ausgewählt wird, und daß eine geeignete thermische Behandlung, zum Beispiel bei 85°C bis 150°C, bewirkt wird.

Als ein spezifisches Beispiel wird bevorzugterweise als zweiter Resist eine wasserlösliche Zusammensetzung, die Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff enthält, oder eine Zusammensetzung, die Polyvinylalkohol und Ethylenharnstoff enthält, oder eine Mischung derselben mit geeigneten Anteilen verwendet.

Es ist wichtig, die Vernetzungsreaktion zwischen dem ersten Resist 1 und dem zweiten Resist 2 und außerdem die Dicke der vernetzten Schicht 4, die auf dem ersten Resistmuster 1a ausgebildet wird, zu steuern. Die Vernetzungsreaktion sollte abhängig von der Reaktivität zwischen dem ersten Resist 1 und dem zweiten Resist 2, der Gestalt des ersten Resistmusters 1a und der beabsichtigten Dicke der vernetzten Schicht 4 optimiert werden.

Die Steuerung der Vernetzungsreaktion zwischen dem ersten Resist und dem zweiten Resist kann durch Steuern der Prozeßbedingungen oder durch Steuern der Zusammensetzung des zweiten Resistmaterials ausgeführt werden.

Die wirksame Prozeßsteuerung der Vernetzungsreaktion kann ausgeführt werden durch (1) die Steuerung einer Belichtung des ersten Resistmusters 1a oder (2) die Steuerung der MB-Temperatur (Mischungsbacktemperatur) und der Behandlungszeit. Insbesondere kann, wenn die Erwärmungs- und Vernetzungszeit (MB-Zeit) gesteuert wird, die Dicke der vernetzten Schicht gesteuert werden. Dieses Verfahren sichert eine gute Reaktionssteuerung.

Vom Gesichtspunkt des Steuerns der Materialzusammensetzung, die als der zweite Resist verwendet wird, kann die Steuerung der Vernetzungsreaktion ausgeführt werden durch (3) eine Technik, bei der zwei oder mehr geeignete wasserlösliche Harze in einem gesteuerten Mischungsverhältnis zur Steuerung der Reaktivität mit dem ersten Resist gemischt werden, oder (4) eine Technik des Mischens eines geeigneten wasserlöslichen vernetzenden Agens mit einem wasserlöslichen Harz bei einem gesteuerten Mischungsverhältnis zur Steuerung der Reaktivität mit dem ersten Resist.

Jedoch sind diese Steuerungen nicht eindeutig bestimmt, sondern sie sollten bestimmt werden unter Berücksichtigung verschiedener Bedingungen, die (1) die Reaktivität zwischen dem ersten Resist und dem zweiten Resist unter Beeinflussung durch die Materialzusammensetzung des ersten Resistes leidet. In der Praxis entsprechend den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollte die Materialzusammensetzung des zweiten Resistes bevorzugterweise so optimiert werden, daß die oben erwähnten Faktoren oder Bedingungen in Betracht gezogen werden.

Insbesondere ist es bekannt, daß die Reaktivität zwischen dem ersten Resist und dem zweiten Resist unter Beeinflussung durch die Materialzusammensetzung des ersten Resistes leidet. In der Praxis entsprechend den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollte die Materialzusammensetzung des zweiten Resistes bevorzugterweise so optimiert werden, daß die oben erwähnten Faktoren oder Bedingungen in Betracht gezogen werden.

Dementsprechend sind die Typen und die Zusammensetzungsverhältnisse des wasserlöslichen Materials, das als der zweite Resist verwendet wird, nicht kritisch und sollten ab-

hängig von den Typen des Materials und den thermischen Behandlungsbedingungen bestimmt werden.

Es ist zu bemerken, daß Weichmacher (Plastifikatoren) wie Ethylenglykol, Glycerin, Triethylenglykol und ähnliches dem zweiten Resistmaterial als ein Additiv hinzugefügt werden können.

Es ist außerdem zu bemerken, daß, um die Filmbildungseigenschaften zu verbessern, oberflächenaktive Agentien, z. B. wasserlösliche oberflächenaktive Agentien wie Florad von Sumitomo 3M Limited und Nonipole von Sanyo Chemical Industries Ltd., dem zweiten Resistmaterial als ein Additiv hinzugefügt werden können.

Als nächstes werden die Lösungsmittel zum Gebrauch mit dem zweiten Resist erläutert.

Die Lösungsmittel, die für den zweiten Resist verwendet werden, sollten das erste Resistmuster nicht lösen und wasserlösliche Materialien gut lösen. Die Lösungsmittel sind nicht kritisch, vorausgesetzt, daß die obigen Anforderungen erfüllt werden.

Zum Beispiel kann/können das Lösungsmittel für den zweiten Resist Wasser (reines Wasser), Wasser und alkoholische Lösungsmittel wie IPA (Isopropylalkohol), oder wasserlösliche organische Lösungsmittel wie N-Methylpyrrolidon sein und einzeln oder in Kombination verwendet werden.

Die Lösungsmittel, die mit Wasser gemischt werden, sind nicht kritisch, vorausgesetzt, daß sie in Wasser löslich sind. Beispiele enthalten Alkohole wie Ethanol, Methanol, Isopropylalkohol und ähnliches,  $\gamma$ -Butyrolacton, Aceton und ähnliches. Das Lösungsmittel wird in einem Verhältnis in einem Bereich, der das erste Resistmuster nicht löst, gemischt, während die Löslichkeit eines Materials für den zweiten Resist in Betracht gezogen wird.

In dem vorhergehenden Beispiel ist ein Verfahren zur Ausbildung eines feinen Resistmusters über der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrates 3 beschrieben worden. Als nächstes wird ein Verfahren zur selektiven Ausbildung eines feinen Resistmusters auf einem gewünschten Bereich oder Bereichen des Halbleitersubstrates 3 beschrieben.

Die Fig. 6(a) bis 6(f) zeigen einen Prozeßablauf des Verfahrens zur Ausbildung eines feinen Resistmusters. Anfänglich sind die Schritte in den Fig. 6(a) bis 6(c) dieselben wie diejenigen aus den Fig. 3(a) bis 3(c). Wie in Fig. 6(c) gezeigt ist, wird die zweite Resistschicht 2 ausgebildet. Danach wird, wie in Fig. 6(d) gezeigt ist, ein Teil des Halbleitersubstrates 3 mit einer lichtabschirmenden Platte 5 abgeschrmt und der ausgewählte Bereich wird mit einem g- oder i-Strahl einer Hg-Lampe erneut belichtet. Dadurch wird eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a erzeugt. Dann wird, wie in Fig. 6(e) gezeigt ist, eine vernetzte Schicht 4 entlang der Grenzfläche des zweiten Resistes 2, der mit dem ersten Resistmuster 1a in dem belichteten Abschnitt in Kontakt ist, ausgebildet.

Die Fig. 7(a) bis 7(f) sind eine Prozeßablaufdarstellung, die ein anderes Verfahren zum selektiven Ausbilden eines feinen Resistmusters in einem gewünschten Bereich des Halbleitersubstrates 3 zeigt. Die Schritte aus den Fig. 7(a) bis 7(f) sind dieselben wie diejenigen aus den Fig. 2(a) bis 2(c). Wie in Fig. 7(c) gezeigt ist, wird die zweite Resistschicht 2 ausgebildet. Dann wird ein spezifischer Bereich des Halbleitersubstrates 3 mit einer Elektronenstrahlabschirmplatte 6 abgeschrmt. Dann wird der andere Bereich mit einem Elektronenstrahl bestrahlt.

Danach wird das Substrat thermisch in dem Schritt aus Fig. 7(c) behandelt. Dadurch wird eine vernetzte Schicht 4 in dem Bereich ausgebildet, der nicht mit dem Elektronenstrahl bestrahlt worden ist, während in dem Bereich, der mit dem Elektronenstrahl bestrahlt worden ist, keine vernetzte

Schicht ausgebildet wird. Der Schritt aus Fig. 7(f) ist ähnlich bzw. identisch zu demjenigen aus Fig. 2(f) und wird hier nicht weiter erläutert.

Auf diese Weise wird die vernetzte Schicht 4 auf dem ersten Resistmuster 1a in dem ausgewählten Bereich des Halbleitersubstrates 3 ausgebildet, wie es in Fig. 7(f) gezeigt ist, und auf dem ersten Resistmuster in dem anderen Bereich wird keine vernetzte Schicht ausgebildet. Dadurch können feine Löcher oder feine Zwischenräume mit unterschiedlichen Abmessungen auf demselben Halbleitersubstrat ausgebildet werden.

Oben wurde das Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters auf dem Substrat 3 im Detail erläutert. Das fein getrennte Resistmuster kann nicht nur auf dem Halbleitersubstrat 3 sondern auch auf einer Isolierschicht wie einer Siliziumoxidschicht oder einer leitenden Schicht wie einer Polysiliziumschicht, abhängig von einem Herstellungsprozeß für eine Halbleitervorrichtung, ausgebildet werden.

Die Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters entsprechend den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist nicht auf den Typ der darunterliegenden Schicht begrenzt, sondern ein solches Resistmuster kann auf jedweden Typ von darunterliegender Schicht oder Substrat, auf dem die Ausbildung eines Resistmusters möglich ist, ausgebildet werden, und es kann auf jedweder benötigten darunterliegenden Schicht oder Substrat ausgebildet werden. Alle diese Substrate werden in dieser Beschreibung generell als "Halbleiterbasisschicht" bezeichnet.

Bei den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird das derart ausgebildete fein getrennte Resistmuster als eine Maske verwendet, gefolgt durch ein Ätzen des darunterliegenden Halbleitersubstrates oder der Halbleiterbasisschicht inklusive verschiedener Typen von dünnen Schichten zur Ausbildung von feinen Zwischenräumen bzw. Abständen oder Löchern in der Halbleiterbasisschicht. Derart kann eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden.

Bei den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden ein Material und seine Zusammensetzung für den zweiten Resist und eine MB-Temperatur geeignet bestimmt, und das fein getrennte Resistmuster kann durch Ausbildung der vernetzten Schicht auf dem ersten Resistmuster erhalten werden. Dann kann ein Halbleitersubstrat oder eine Halbleiterbasisschicht durch Verwendung eines solchen feinen Resistmusters als Maske geätzt werden. Als ein Ergebnis können die Seitenoberflächen des geätzten Substrates wirksam aufgeraut werden.

#### Zweite Ausführungsform

Die Fig. 8(a) bis 8(e) zeigen einen Prozeßablauf, der ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters entsprechend einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert. Unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a) bis 1(c) und die Fig. 8(a) bis 8(e) werden das Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters der zweiten Ausführungsform und ein Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung des Musters beschrieben.

Zuerst wird, wie in Fig. 8(a) gezeigt ist, ein erster Resist 11, der eine kleine Menge einer sauren Substanz in sich enthält, auf ein Halbleitersubstrat 3 beschichtet bzw. aufgebracht. Der erste Resist 11 wird bei 70 bis 110°C für ungefähr 1 Minute vorgebacken oder thermisch behandelt, gefolgt durch eine Belichtung mit einem g- oder i-Strahl einer Hg-Lampe durch eine Maske, die ein solches Muster aufweist, wie es in den Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist. Fig. 8(b) zeigt das derart ausgebildete erste Resistmuster 11a.

Als das Material für den ersten Resist 11 können diejenigen Materialien, die bei der ersten Ausführungsform erläutert wurden, effektiv verwendet werden. Die detaillierte Beschreibung dieser wird daher hier zur Vermeidung von Wiederholungen nicht gegeben. Die Säure, die in dem ersten Resist 11 enthalten ist, umfaßt bevorzugterweise Karbonsäure mit niedrigem Molekulargewicht.

Danach wird das Substrat mittels PEB bei 10 bis 130°C thermisch behandelt, falls es notwendig ist, um die Auflösung des Resistes zu verbessern, und dann wird er mit einer verdünnten wässrigen Lösung von ungefähr 2,0% TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) entwickelt.

Nachfolgend kann das Substrat einem Nachentwicklungsbacken unterworfen werden, falls es notwendig ist. Diese thermische Behandlung bewirkt eine nachfolgende Mischungsreaktion und sollte auf eine geeignete Temperatur eingestellt sein. Der Prozeß, der oben beschrieben worden ist, ist ähnlich zu einem herkömmlichen Resistmustersaumbildungsprozeß, ausgenommen daß der Resist, der eine Säure enthält, verwendet wird.

Nachdem das Resistmuster 11a ausgebildet ist, wie es in Fig. 8(b) gezeigt ist, wird ein zweiter Resist 12 über das Halbleitersubstrat 3 beschichtet bzw. auf diesem aufgebracht, wie es in Fig. 8(c) gezeigt ist. Der zweite Resist 12 ist hauptsächlich aus einem vernetzbaren Material zusammengesetzt, das zum Vernetzen in der Anwesenheit einer Säure in der Lage ist, und er kann in einem Lösungsmittel gelöst werden, welches den ersten Resist 11 nicht lösen wird.

Das Material für den zweiten Resist 12 und das Lösungsmittel für diesen sind dieselben wie diejenigen, die bei der ersten Ausführungsform beschrieben worden sind, und sie können effektiv in dieser zweiten Ausführungsform verwendet werden. Darum wird die Beschreibung dieser zur Vermeidung von Wiederholungen hier nicht gegeben.

Nach dem Beschichten bzw. Aufbringen des zweiten Resistes 12 wird dieser vorgebacken werden, falls es notwendig ist. Diese thermische Behandlung bewirkt eine nachfolgende Mischungsreaktion und sollte auf eine geeignete Temperatur eingestellt sein.

Dann wird, wie es in Fig. 8(d) gezeigt ist, das Halbleitersubstrat 3 zum Beispiel bei 60 bis 130°C thermisch behandelt, um dadurch zu verursachen, daß die Vernetzungsreaktion in der Umgebung der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 12 und dem ersten Resistmuster 11a mittels einer Säure aus der kleinen Menge der sauren Substanz, die in dem ersten Resistmuster 11a enthalten ist, auftritt. Derart wird eine vernetzte Schicht 14, die über die Vernetzungsreaktion erhalten wird, in dem zweiten Resist 12 derart ausgebildet, daß sie das erste Resistmuster 11a bedeckt.

Dann wird, wie in Fig. 8(f) gezeigt ist, der nicht-vernetzte Abschnitt des zweiten Resistes 12 mit Wasser oder einem flüssigen Entwickler wie TMAH entwickelt und von dem Substrat entfernt. Entsprechend des obigen Prozesses kann ein Resistmuster erhalten werden, bei dem ein innerer Lochdurchmesser eines Lochmusters oder eine Trennungsbreite eines Linienmusters reduziert ist oder eine Fläche eines Inselmusters vergrößert ist.

Bei der zweiten Ausführungsform muß der erste Resist 11 nicht durch die Belichtung mit Licht eine Säure erzeugen, sondern der erste Resist 11 ist so vorbereitet, daß er eine Säure in sich enthält. Die Säure wird durch das Anwenden von Wärme für die Vernetzung diffundiert. Die Säuren, die in dem ersten Resist 11 enthalten sind, sollten bevorzugterweise Karbonsäuren mit niedrigem Molekulargewicht sein, aber sie sind nicht so kritisch, solange sie mit einer Resistlösung gemischt werden können.

Das fein getrennte Resistmuster wird auf verschiedenen



Typen von Halbleitersubstraten ausgebildet und kann als eine Maske zur Ausbildung feiner getrennter Räume oder feiner Löcher in dem Halbleitersubstrat in einer Weise verwenden, wie sie bezüglich der zuvor erläuterten ersten Ausführungsform beschrieben worden ist.

### Dritte Ausführungsform

Die Fig. 9(a) bis 9(g) zeigen einen Prozeßablauf, der ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters entsprechend einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert. Unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a) bis 1(c) und die Fig. 9(a) bis 9(g) werden ein Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters und ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung des Musters beschrieben.

Anfänglich wird, wie es in Fig. 9(a) gezeigt ist, ein erster Resist 21 auf einem Halbleitersubstrat 3 beschichtet. Der erste Resist 21 wird bei 70°C bis 100°C für ungefähr 1 Minute vorgebacken oder thermisch behandelt. Dann wird der erste Resist 21 durch eine Maske, die ein solches Muster aufweist, wie es in den Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist, mit Licht belichtet. Das Belichtungslicht kann ein g-Strahl oder einem i-Strahl einer Hg-Lampe oder eine andere Strahlung, abhängig von einer Sensibilisierungswellenlänge des ersten Resistes 21, sein.

Als das Material für den ersten Resist 21 können diejenigen Materialien effektiv verwendet werden, die unter Bezugnahme auf die erste Ausführungsform erläutert wurden. Die detaillierte Erläuterung dieser Materialien wird zur Vermeidung von Wiederholungen hier nicht noch einmal gegeben.

Dann wird das Substrat mittels PEB zum Beispiel bei 10 bis 130°C thermisch behandelt, um die Auflösung des Resistes zu verbessern, falls es notwendig ist. Dann wird der erste Resist 21 mit einer verdünnten wässrigen Lösung von ungefähr 2,0% TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) entwickelt. Fig. 9(b) zeigt das resultierende erste Resistmuster 21a.

Nachfolgend wird ein Nachentwicklungsbacken bewirkt, falls es notwendig ist. Diese thermische Behandlung beeinflusst eine nachfolgende Mischungsreaktion und sollte auf eine geeignete Temperatur eingestellt sein. Der obige Prozeß ist ähnlich zu einem herkömmlichen Resistausbildungsprozeß.

Nach der Ausbildung des Musters aus Fig. 9(b) wird das Halbleitersubstrat einer Oberflächenbehandlung mit einem sauren bzw. säurehaltigen Gas unterworfen, wie es in Fig. 9(c) gezeigt ist. Das saure Gas kann entweder aus einer organischen Säure oder einer anorganischen Säure gemacht sein.

In diesem Schritt wird die Säure in die Umgebung der Oberfläche des ersten Resistmuster 21a eingesaugt bzw. eingeweicht zur Ausbildung einer dünnen Schicht, die die Säure enthält, gefolgt durch Abspülen mit reinem Wasser, falls es notwendig ist.

Dann wird, wie in Fig. 9(e) gezeigt ist, ein zweiter Resist 22 auf das erste Resistmuster 21 aufgetragen bzw. beschichtet, wie es in Fig. 9(e) gezeigt ist. Der zweite Resist 22 ist hauptsächlich aus einem vernetzbaren Material, das zum Vernetzen in der Anwesenheit einer Säure in der Lage ist, zusammengesetzt und ist in einem Lösungsmittel, das den ersten Resist 21 nicht löst, lösbar. Das Material für den zweiten Resist 22 und das Lösungsmittel für diesen sind dieselben oder ähnliche wie diejenigen, die bei der ersten Ausführungsform erläutert worden sind, und sie können wirksam in dieser Ausführungsform verwendet werden. Die detaillierte Beschreibung derselben wird zur Vermeidung von

Wiederholungen nicht wiederholt.

Nach der Beschichtung mit dem bzw. dem Aufbringen des zweiten Resistes 22 wird der Resist 22 vorgebacken, falls es notwendig ist. Diese thermische Behandlung bewirkt eine nachfolgende Mischungsreaktion und sollte auf eine geeignete Temperatur eingestellt sein.

Dann wird, wie in Fig. 9(f) gezeigt ist, das Halbleitersubstrat 3 thermisch behandelt, zum Beispiel bei 60 bis 130°C und zur Vernetzung gebacken, wodurch die Vernetzungsreaktion in der Umgebung der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 22 und dem ersten Resistmuster 21a mittels einer Säure, die von dem ersten Resistmuster 21a zugeführt wird, verursacht wird. Derart wird eine vernetzte Schicht 24 in dem zweiten Resist 22 durch die Vernetzungsreaktion derart ausgebildet, daß das erste Resistmuster 21a bedeckt wird.

Dann wird, wie in Fig. 9(g) gezeigt ist, der nicht-vernetzte Abschnitt des zweiten Resistes 22 mit Wasser oder einem flüssigen Entwickler wie TMAH entwickelt und von dem Substrat entfernt. Entsprechend der obigen Behandlungen wird ein Resistmuster erhalten, bei dem ein innerer Lochdurchmesser eines Lochmusters oder eine Trennungsbreite eines Linienmusters reduziert ist oder eine Fläche eines Inselmusters vergrößert ist.

Wie aus den obigen Ausführungsformen offensichtlich ist, ist entsprechend der dritten Ausführungsform kein Schritt der Erzeugung einer Säure in der ersten Resistschicht durch Belichtung mit Licht notwendig. Vor der Ausbildung des zweiten Resistes 22 auf dem ersten Resistmuster 21a wird die Oberfläche mit einem sauren bzw. säurehaltigen Gas behandelt, welches zur Vernetzung in einem nachfolgenden thermischen Behandlungsschritt diffundiert bzw. herausdiffundiert.

Das fein getrennte Resistmuster wird auf verschiedenen Typen von Halbleitersubstraten ausgebildet und kann als eine Maske zur Ausbildung fein getrennter Zwischenräume oder feiner Löcher in dem Halbleitersubstrat in einer Weise verwendet werden, wie sie bezüglich der zuvor beschriebenen ersten oder zweiten Ausführungsform beschrieben worden ist.

### Beispiele

Beispiele, die sich auf die vorhergehenden ersten bis dritten Ausführungsformen beziehen, werden beschrieben. Ein Beispiel kann sich auf eine oder mehrere der oben erläuterten Ausführungsformen beziehen, so daß diese Beispiele kollektiv präsentiert werden.

Zuerst werden die Beispiele 1 bis 5, die sich auf ein erstes Resistmaterial beziehen, beschrieben.

### Beispiel 1

Als ein erster Resist wurde ein Resistmuster unter Verwendung eines i-Strahl-Resists ausgebildet, der aus Novolakharz und Naphthochinondiazid bestand, die in Ethyllactat und Propylenglykolmonoethylacetat gelöst waren.

Genauer gesagt wurde der Resist auf einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbakken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um das Lösungsmittel dazu zubringen, aus dem Resist zu verdampfen, um einen 1,0 µm dicken ersten Resist auszubilden.

Danach wurde der Resist einem i-Strahl von einer i-Strahl-Belichtungsvorrichtung mit reduzierter Projektion durch Masken, wie sie in den Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt sind, belichtet, gefolgt durch einen PEB-Behandlung unter den Bedingungen von 120°C/70 Sekunden. Dann wurde der erste Resist mit einem alkalischen Entwickler



(NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um solche Resistmuster zu erhalten, die Trennungsgrößen aufweisen, wie sie in den Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt sind.

#### Beispiel 2

Als ein erster Resist wurde ein Resistmuster aus einem i-Strahl-Resist ausgebildet, der aus Novolakharz und Napht-hochinondiazid gebildet war, die in 2-Heptanon gelöst waren.

Der Resist wurde auf einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht von ungefähr 0,8 µm Dicke ausgebildet wurde. Danach wurde die Schicht bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden vorgebacken, um das Lösungsmittel in der Schicht zu trocknen bzw. zum Verdampfen zu bringen. Danach wurde die Schicht von einer i-Strahl-Belichtungsanordnung reduzierter Projektion durch Masken, wie sie in den Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt sind, belichtet, gefolgt durch eine PEB-Behandlung bei Bedingungen von 120°C/70 Sekunden. Dann wurde die Schicht mit einem alkalischen Entwickler (NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster zu erhalten, die Trennungsgrößen aufweisen, wie sie in den Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt sind.

#### Beispiel 3

Als ein erster Resist wurde ein Resistmuster aus einem i-Strahl-Resist gebildet, der aus Novolakharz und Napht-hochinondiazid gebildet war, die in einem gemischten Lösungsmittel aus Ethylacetat und Butylacetat gelöst waren.

Der Resist wurde auf einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht mit ungefähr 1,0 µm Dicke ausgebildet wurde. Danach wurde die Schicht unter Bedingungen von 100°C/90 Sekunden vorgebacken, um das Lösungsmittel in dem Film auszutrocknen bzw. zum Verdampfen zu bringen.

Danach wurde die Schicht mit Licht unter Verwendung eines Steppers der Nikon Corporation durch Masken, wie sie in den Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt sind, belichtet, gefolgt durch eine PEB-Behandlung bei Bedingungen von 110°C/60 Sekunden. Dann wurde die Schicht mit einem alkalischen Entwickler (NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster zu erhalten, wie sie in den Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt sind.

#### Beispiel 4

Als ein erster Resist wurde ein Resistmuster aus einem chemisch verstärkten Excimerresist der Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd. ausgebildet.

Der Resist wurde auf einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht von ungefähr 0,8 µm Dicke ausgebildet wurde. Danach wurde die Schicht bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden vorgebacken, um das Lösungsmittel in der Schicht auszutrocknen bzw. zum Verdampfen zu bringen. Danach wurde die Schicht mit Licht unter Verwendung einer KrF-Excimer-Belichtungsanordnung mit reduzierter Projektion durch Masken, wie sie in den Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt sind, belichtet, gefolgt durch eine PEB-Behandlung bei Bedingungen von 100°C/90 Sekunden. Dann wurde die Schicht mit einem alkalischen Entwickler (NMD-W, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster zu erhalten, wie sie in den Fig. 11(a) bis 11(c) gezeigt sind.

#### Beispiel 5

Als ein erster Resist wurde ein Resistmuster aus einem chemisch verstärkten Resist der Hishiden Chemical Ind. Co., Ltd. (Melker, J. Vac. Sci. Technol. B11 (6) 2773, 1993), der aus t-Boc Polyhydroxystyrol und einem Säuregenerator gebildet ist, ausgebildet.

Der Resist wurde auf einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Schicht von ungefähr 0,52 µm Dicke ausgebildet wurde. Danach wurde die Schicht unter Bedingungen von 120°C/180 Sekunden vorgebacken, um das Lösungsmittel in der Schicht auszutrocknen bzw. zu verdampfen. Danach wurde Spacer ESP100 von Showa Denko K.K., das als ein antistatisches Agens dient, auf den Resist in derselben Weise, wie es oben beschrieben worden ist, schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Backen bei Bedingungen von 80°C/120 Sekunden.

Unter Verwendung einer EB-Bildzeichnungsanordnung wurde ein Bild bei 17,4 µC/cm<sup>2</sup> gezeichnet, gefolgt durch eine PEB-Behandlung bei Bedingungen von 80°C/120 Sekunden. Dann wurde die antistatische Schicht mit reinem Wasser entfernt und dann wurde mit einem alkalischen TMAH-Entwickler (NMD-W, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt.

Als ein Ergebnis wurden EB-Resistmuster mit einem Abstand von ungefähr 0,2 µm erhalten, wie es in den Fig. 12(a) bis 12(c) gezeigt ist.

Als nächstes werden die Beispiele 6 bis 13, die sich auf das zweite Resistmaterial beziehen, gezeigt bzw. erläutert.

#### Beispiel 6

Als ein zweites Resistmaterial wurden 400 g reines Wasser zu 100 g von 20 Gewichts-% wässriger Lösung von jeweils KW3 und KW1, die entsprechend ein Polyvinylacetat-harz der Sekisui Chemical Co., Ltd. sind, in einem ein Liter Meßglaskolben hinzugefügt, gefolgt durch Mischen unter Rühren oder Schütteln bei Raumtemperatur für 6 Stunden zum Erhalten von 5gewichts%igen wässrigen Lösungen von Polyvinylacetal KW3 bzw. KW1.

#### Beispiel 7

In derselben Weise wie in Beispiel 6 wurden 5gewichts%ige wässrige Lösungen von Polyvinylalkoholharz, Oxazolon-haltigem wasserlöslichem Harz (Epocross WS 500, hergestellt durch Nippon Shokubai Co., Ltd.) und Styrolmaleinsäureanhydridcopolymeren (SMA 1000, 1400H, hergestellt durch ARCO Chemical Co.), die anstelle der Polyvinylacetalharze aus Beispiel 6 entsprechend verwendet wurden, erhalten.

#### Beispiel 8

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine wässrige Lösung von ungefähr 10 Gewichts-% von Methylolmelamin durch Mischen von 100 g von Methoxymethylolmelamin (Cymel 370 von Mitsui Cynamide Co., Ltd.), 780 g von reinem Wasser und 40 g von IPA (Isopropylalkohol) in einem ein Liter Meßglaskolben unter Agitation (Rühren, Schütteln, o. ä.) bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

#### Beispiel 9

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine wässrige Lösung von ungefähr 10 Gewichts-% von Ethylenharnstoff durch Mischen von 100 g von (N-Methoxymethyl)Methoxyethylenharnstoff, 100 g von (N-Methoxymethyl)Hy-

droxyethylenharnstoff, oder 100 g von N-Methoxymethylharnstoff entsprechend mit 860 g reinem Wasser und 40 g IPA (Isopropylalkohol) in einem ein Liter Meßglaskolben unter Agitation bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

#### Beispiel 10

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine Lösung aus einer Mischung aus einem wasserlöslichen Harz und einem wasserlöslichen Agens durch Mischen von 160 g der wässrigen Lösung aus Polyvinylacetal KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde, 20 g der wässrigen Methoxymethylolmelaminlösung, die in Beispiel 8 erhalten wurde, und 20 g reinem Wasser unter Agitation bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

#### Beispiel 11

Als ein zweiter Resist wurden Lösungen aus einem wasserlöslichen Harz und den entsprechenden wasserlöslichen vernetzenden Agentien durch Mischung einer Mischung von 160 g der wässrigen Lösung des Polyvinylacetals KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und jeweils von 20 g der wässrigen (N-Methoxymethyl) Methoxyethylenharnstofflösung, 20 g der wässrigen (N-Methoxymethyl)Hydroxyethylenharnstofflösung, und 20 g der wässrigen N-Methoxymethylharnstofflösung mit 20 reinem Wasser unter Agitation bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

#### Beispiel 12

Als ein zweites Resistmaterial wurden wässrige Lösung durch Mischen von 160 g der wässrigen Lösung des Polyvinylacetals KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und der wässrigen Methoxyethylenharnstofflösung, die in Beispiel 9 erhalten wurde, in unterschiedlichen Mengen von 10 g, 20 g und 30 g und von 20 g von reinem Wasser unter Agitation bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

Als ein Ergebnis wurden drei Arten wässriger Lösungen des zweiten Resistes erhalten, die Konzentrationen des wasserlöslichen Methoxyethylenharnstoffvernetzungsagens von ungefähr 11 Gewichts-%, 20 Gewichts-% und 27 Gewichts-% relativ zu dem Polyvinylacetalharz enthielten.

#### Beispiel 13

Als ein zweiter Resist wurden drei Arten von gemischten Lösungen erhalten, die unterschiedliche Mischungsverhältnisse zwischen Polyvinylacetalharz und Polyvinylalkoholharz aufwiesen, durch Mischen einer wässrigen Lösung von 5 Gewichts-% von Polyvinylalkoholharz unter diejenigen wasserlöslichen Harzlösungen, die in Beispiel 7 erhalten wurden, in unterschiedlichen Mengen von 0 g, 35,3 g und 72,2 g mit 100 g der wässrigen 5gewichts%igen Polyvinylacetalharzlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, unter Agitation bei Raumtemperatur für 6 Stunden.

Als nächstes werden die Beispiele 14 bis 22, die sich auf die Ausbildung von feinen Resistmustern beziehen, beschrieben.

#### Beispiel 14

Das zweite Resistmaterial, das in Beispiel 12 erhalten wurde, wurde auf den Si-Wafer getropft, auf dem das erste Resistmuster, das in Beispiel 3 erhalten wurde, ausgebildet war, und schleuderbeschichtet, gefolgt durch Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht auszubilden.

Nachfolgend wurde ein Mischungsbacken (MB) bei Bedingungen von 120°C/90 Sekunden ausgeführt, um die Vernetzungsreaktion voranzubringen. Dann wurde die zweite Resistschicht mit reinem Wasser entwickelt, um eine nicht-vernetzte Schicht zu entwickeln und von dieser zu entfernen, gefolgt durch ein Nachbacken bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden, um ein zweites Resistmuster auszubilden, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. In Fig. 13 wurde der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters als ein Abschnitt ausgewählt, der zu messen ist, und eine Resistmustergröße wurde nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen, wobei die Mischungsverhältnisse der wasserlöslichen Harze geändert wurden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle in Fig. 14 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß für den Fall, daß das Mischungsverhältnis zwischen dem Polyvinylacetalharz und dem Polyvinylalkoholharz geändert wird, die Dicke der vernetzten Schicht, die auf dem ersten Resist ausgebildet wird, gesteuert werden kann.

#### Beispiel 15

Die wässrige KW1-Harzlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, die als das zweite Resistmaterial dient, wurde auf den Si-Wafer, der in Beispiel 2 erhalten wurde, auf dem das erste Resistmuster zuvor ausgebildet worden war, getropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu erhalten.

Als nächstes wurde der Wafer mit Licht aus einer i-Strahlbelichtungsvorrichtung über der gesamten Oberfläche desselben belichtet, gefolgt durch ein Mischungsbacken (MB) bei Bedingungen von 150°C/90 Sekunden, um die Vernetzungsreaktion zum Fortschreiten zu bringen. Danach wurde Wasser zur Entwicklung verwendet, woraufhin eine nicht-vernetzte Schicht entwickelt und entfernt wurde. Dann wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von 110°C/90 Sekunden zur Ausbildung einer vernetzten Schicht des zweiten Resists auf dem Lochmuster des ersten Resistmusters, wie es in Fig. 13 gezeigt ist, ausgeführt. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt, und die Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht wurde bezüglich des Falls, in dem mit Licht auf der gesamten Oberfläche belichtet wurde, und ebenfalls bezüglich des Falls, in dem nicht belichtet wurde, gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle in Fig. 15 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die erste Resistlochmustergröße, die vor der Ausbildung der vernetzten Schicht 0,4 µm war, als ungefähr 0,14 µm gefunden wurde, wenn die gesamte Oberfläche mit Licht belichtet worden war, und auf ungefähr 0,11 µm reduziert war, wenn insgesamt kein Licht zur Belichtung verwendet wurde.

In diesem Fall ist, wenn die gesamte Oberfläche vor dem MB-Backen belichtet wurde, die Vernetzungsreaktion weiter fortgeschritten als in dem Fall, in dem keine Belichtung bewirkt wird, was in einer dickeren vernetzten Schicht resultiert, die auf der Oberfläche des ersten Resistes ausgebildet ist.

#### Beispiel 16

Die gemischte Lösung aus Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff, die in Beispiel 11 erhalten wurde, die als der zweite Resist dient, wurde auf den Si-Wafer, der in Beispiel 2 erhalten wurde, bei dem das erste Resistmuster zuvor ausgebildet wurde, aufgebracht.

Das zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und

schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistsschicht auszubilden. Als nächstes wurde die zweite Resistsschicht einem Mischungsbacken (MB) bei drei Bedingungen, 105°C/90 Sekunden, 115°C/90 Sekunden, und 125°C/90 Sekunden, unterworfen, um dadurch die Vernetzungsreaktion zum Fortschreiten zu bringen. Reines Wasser wurde zur Entwicklung verwendet, und ein nicht-vernetzter Abschnitt jedes Films wurde entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden ausgeführt, um eine vernetzte Schicht des zweiten Resistes auf der ersten Resistsschicht auszubilden, wie es in den Fig. 16(a), 16(b) oder 16(c) gezeigt ist. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters und die Abstände der Linien- und Inselelemente, die in den Fig. 16 gezeigt sind, wurden entsprechend als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Mischungsbacktemperatur (MB) geändert wurde, wurden die Resistmustergrößen nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 17 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß der innere Durchmesser des Lochmusters und die Zwischenraumgrößen des Linienmusters und des Inselelementes, die in Beispiel 2 nach der Ausbildung 0,4 µm waren, entsprechend reduziert waren nach der Ausbildung der vernetzten Schichten, wie es in Fig. 17 gezeigt ist. Das Ausmaß der Reduzierung erhöht sich mit einer ansteigenden MB-Temperatur. Daraus ist zu ersehen, daß die Steuerung der MB-Temperatur die akkurate Steuerung der Vernetzungsreaktion ermöglicht.

#### Beispiel 17

Die wässrige Polyvinylacetatlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, die wässrige Lösung aus einer Mischung aus Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff, die in Beispiel 12 erhalten wurde, und die wässrigen Lösungen aus Mischungen von Polyvinylalkoholharz und Ethylenharnstoff, die unterschiedliche Konzentrationen von Ethylenharnstoff aufweisen, wurden jeweils, als ein zweiter Resist, auf den Si-Wafer, der in Beispiel 3 erhalten wurde, bei dem das erste Resistmuster ausgebildet worden war, aufgebracht.

Genauer gesagt, jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistsschicht auszubilden.

Danach wurde die Resistsschicht mischungsgebacken (MB) bei Bedingungen von 65°C/70 Sekunden + 100°C/90 Sekunden und vernetzt. Reines Wasser wurde für die Entwicklung verwendet, und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und abgetrennt, gefolgt durch ein Nachbacken bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resist auf dem ersten Resistmuster ausgebildet wurde, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während das Mischungsverhältnis des wasserlöslichen Vernetzungsmittels geändert wurde, wurden die Resistmustergrößen nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 18 gezeigt.

Als ein Ergebnis wurde der innere Durchmesser des Lochmusters, welcher ungefähr 0,4 µm war, wenn er in dem Beispiel 3 ausgebildet wurde, reduziert, wie es in Fig. 18 gezeigt ist. Das Ausmaß der Reduktion steigt mit einer ansteigenden Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels an.

Daraus ist zu ersehen, daß die Steuerung des Mischungsverhältnisses der wasserlöslichen Materialien die akkurate Steuerung der Vernetzungsreaktion ermöglicht.

Des weiteren ist zu sehen, daß bei derselben Menge eines Vernetzungsmittels das Ausmaß der Reduzierung durch Ändern des Typs des wasserlöslichen Harzes geändert werden kann.

#### Beispiel 18

Die wässrige Polyvinylacetatlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und gemischte Lösungen der wässrigen Polyvinylacetalharzlösung, die in Beispiel 11 erhalten wurden, und eine wässrige Lösung aus einer Mischung aus N-Methoxymethyl-Methylethylenharnstoff (N-Methoxymethyl) Hydroxyethylenharnstoff, und N-Methoxymethylharnstoff, die jeweils als ein wasserlösliches vernetzendes Agens dienen, wurden entsprechend als ein zweiter Resist auf den Si-Wafer, der in Beispiel 3 erhalten wurde, bei dem das erste Resistmuster ausgebildet worden war, aufgebracht.

Jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden zur Ausbildung einer zweiten Resistsschicht.

Danach wurde die Resistsschicht mischungsgebacken (MB) bei Bedingungen von 65°C/70 Sekunden + 100°C/90 Sekunden für eine Vernetzung. Reines Wasser wurde zur Entwicklung verwendet, und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resist auf dem ersten Resistmuster ausgebildet wurde, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während der Typ des wasserlöslichen vernetzenden Agens geändert wurde, wurde die Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 19 gezeigt.

Als ein Ergebnis wurde der innere Durchmesser des Lochmusters, welcher ungefähr 0,4 µm war, wenn er in dem Beispiel 3 ausgebildet wurde, reduziert, wie es in Fig. 19 gezeigt ist. Es ist bestätigt worden, daß das Ausmaß der Reduzierung von dem Typ des wasserlöslichen vernetzenden Agens abhängt.

Daraus ist zu ersehen, daß die Änderung im Typ des wasserlöslichen Materials die Steuerung der Vernetzungsreaktion ermöglicht.

#### Beispiel 19

Die wässrige Polyvinylacetatlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und wässrige Lösungen von Mischungen der wässrigen Polyvinylacetalharzlösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und von Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches vernetzendes Agens dient, wurden als ein zweiter Resist zur Aufbringung auf dem Si-Wafer, der in Beispiel 4 erhalten wurde, bei dem das erste Resistmuster ausgebildet worden war, verwendet.

Jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von 85°C/70 Sekunden zur Ausbildung einer zweiten Resistsschicht.

Danach wurde die Resistsschicht bei einer gegebenen Temperatur für 90 Sekunden zur Vernetzung mischungsgebacken (MB). Reines Wasser wurde zur Entwicklung verwendet, und eine nichtvernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von 90°C/90 Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resist auf dem ersten Resistmuster ausgebildet wurde, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. Der Lochdurch-

messer des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während der Betrag des wasserlöslichen vernetzenden Agens und die Reaktionstemperatur geändert wurden, wurde die Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 20 gezeigt.

Als ein Ergebnis wurde der innere Durchmesser des Lochmusters, welcher ungefähr  $0,3 \mu\text{m}$  war, wenn es in dem Beispiel 4 ausgebildet wurde, reduziert, wie es in Fig. 20 gezeigt ist. Die einen signifikanten Unterschied abhängig von der Menge des wasserlöslichen Agens und der Reaktionstemperatur zeigt.

Daraus ist zu ersehen, daß, wenn der chemisch verstärkte Resist, der zum Erzeugen einer Säure durch Bestrahlung mit Licht in der Lage ist, verwendet wird, die Steuerung der Resistmustergröße basierend auf der Vernetzungsreaktion ermöglicht wird.

#### Beispiel 20

Die wässrige Polyvinylacetallösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und wässrige Lösungen von Mischungen der wässrigen Polyvinylacetallösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und Methoxyethylenharnstoff, der als ein wasserlösliches vernetzendes Agens dient, wurden zum Aufbringen auf den Si-Wafer, der in Beispiel 5 erhalten wurde, bei dem das erste Resistmuster ausgebildet worden war, verwendet.

Jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von  $85^\circ\text{C}/70$  Sekunden zur Ausbildung einer zweiten Resistschicht.

Danach wurde die Resistschicht mischungsgebacken (MB) bei Bedingungen von  $105^\circ\text{C}$ ,  $115^\circ\text{C}/90$  Sekunden, wodurch die Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Reines Wasser wurde zur Entwicklung verwendet, und eine nichtvernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von  $90^\circ\text{C}/90$  Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resist auf dem ersten Resistmuster ausgebildet wurde, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Menge des wasserlöslichen vernetzenden Agens und die Reaktionstemperatur geändert wurden, wurde die Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 21 gezeigt.

Als ein Ergebnis wurde der innere Durchmesser des Lochdurchmessers, der ungefähr  $0,2 \mu\text{m}$  war, wenn er in dem Beispiel 5 ausgebildet wurde, reduziert, wie es in Fig. 21 gezeigt ist, die zeigt, daß das Ausmaß der Reduzierung eine signifikante Differenz abhängig von der Menge des wasserlöslichen Materials und der MB-Temperatur hat bzw. zeigt.

Daraus ist zu ersehen, daß, wenn der chemisch verstärkte EB-Resist verwendet wird, der aus dem t-Boc Polyhydroxystyrol und dem Säuregenerator besteht, die Steuerung der Resistmustergröße basierend auf der Vernetzungsreaktion möglich ist.

#### Beispiel 21

Das erste Resistmuster, das in Beispiel 2 erhalten wurde, wurde mit einem Elektronenstrahl selektiv bestrahlt. Die Dosis des Elektronenstrahls war  $50 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ .

Danach wurde eine gemischte wässrige Lösung der wäs-

serigen Polyvinylacetallösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und von Methoxyethylenharnstoff, der als ein wasserlösliches vernetzendes Agens dient, der ein zweiter Resist verwendet und auf das erste Resistmuster, das mit dem Elektronenstrahl bestrahlt worden war, aufgebracht bzw. das erste Resistmuster wurde damit beschichtet. Genaue gesagt wurde das zweite Resistmaterial aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von  $85^\circ\text{C}/70$  Sekunden zur Ausbildung einer zweiten Resistschicht.

Der Film wurde mischungsgebacken (MB) bei Bedingungen von  $120^\circ\text{C}/90$  Sekunden, wodurch eine Vernetzung verursacht wurde.

Am Ende wurde reines Wasser zur Entwicklung verwendet, und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Vorbacken bei Bedingungen von  $110^\circ\text{C}/70$  Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resist selektiv auf dem ersten Resistmuster ausgebildet wurde, wie es in Fig. 13 gezeigt ist. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters, das in Fig. 13 gezeigt ist, wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt und die Resistmustergröße nach der Ausbildung der vernetzten Schicht wurde bezüglich des mit dem Strahl bestrahlten Abschnittes und des nicht-bestrahlten Abschnittes gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aus Fig. 22 gezeigt.

Als ein Ergebnis wurde das Resistmuster mit einer Lochgröße von ungefähr  $0,4 \mu\text{m}$ , die in Beispiel 2 ausgebildet worden war, in dem Abschnitt, der nicht mit dem Elektronenstrahl bestrahlt wurde, reduziert bzw. in seiner Lochgröße reduziert, wie es in Fig. 22 gezeigt ist. Bezüglich des selektiv mit dem Elektronenstrahl bestrahlten Abschnittes trat keine Vernetzungsreaktion auf, und keine Reduzierung der Lochgrößen wurde gefunden.

Daraus ist zu ersehen, daß, wenn eine Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl selektiv nach der Ausbildung eines Resistmusters ausgeführt wird, keine Reaktion in dem Muster des bestrahlten Abschnittes stattfindet, so daß die selektive Größensteuerung des Resistmusters möglich ist.

#### Beispiel 22

Das erste Resistmuster, das in Beispiel 2 erhalten wurde, wurde auf einem Si-Wafer, auf dem eine Oxidschicht ausgebildet worden war, ausgebildet, wodurch ein Resistmuster, wie es in Fig. 23 gezeigt ist, ausgebildet wurde.

Danach wurde das zweite Resistmaterial, das in Beispiel 12 erhalten wurde, aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch ein Vorbacken bei Bedingungen von  $85^\circ\text{C}/70$  Sekunden. Die Schicht wurde bei Bedingungen von  $105^\circ\text{C}/90$  Sekunden mischungsgebacken und eine nicht-vernetzte Schicht wurde mit reinem Wasser entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Nachbacken bei Bedingungen von  $90^\circ\text{C}/90$  Sekunden zur Ausbildung einer vernetzten Schicht des zweiten Resistes auf der ersten Resistschicht ausgeführt.

Die darunterliegende Oxidschicht wurde dann mittels einer Ätzevorrichtung geätzt, und das Muster nach dem Ätzen wurde beobachtet bzw. untersucht.

Zum Vergleich wurde der Wafer, der mit einem ersten Resistmuster ausgebildet war, wie es in Fig. 23 gezeigt ist, der nicht entsprechend der vorliegenden Erfindung behandelt wurde, ähnlich geätzt.

Die Ergebnisse wurden verglichen. In dem Fall, in dem die vorliegende Erfindung nicht angewendet wurde, ist das Ergebnis derart, wie es in Fig. 24(a) gezeigt ist. In den Fällen, in denen die vorliegende Erfindung angewendet wurde, sind die Ergebnisse derart, wie es in den Fig. 24(b) und

24(c) gezeigt ist. In den letzteren Fällen ist die Trennungsbreite des Oxidschichtmusters reduziert, und die Seitenoberflächen des Oxidfilmmusters sind aufgeraut.

Es ist zu ersehen, daß das Ausmaß des Aufrauhs abhängig von dem Betrag des Vernetzungsmittels, der zugemischt ist, gesteuert werden kann.

Die Wirkungen und Vorteile der vorliegenden Erfindung können wie folgt zusammengefaßt werden.

Wie im Detail beschrieben worden ist, werden entsprechend der vorliegenden Erfindung Materialien und Verfahren zur Ausbildung eines fein getrennten Resistmusters angegeben. Es wird möglich gemacht, ein Resistmuster auszubilden, das bezüglich seiner Feinheit der Trennung in dem Resistmuster oder der Löcher in dem Resistmuster die Wellenlängenbegrenzung überschreitet, d. h. hinsichtlich der möglichen Miniaturisierung in Begriffen der Größe unterschreitet.

Daher kann der Lochdurchmesser eines Lochresistmusters gegenüber herkömmlichen Gegenständen reduziert werden, und die Trennungsbreite getrennter Resistmuster kann ebenfalls gegenüber herkömmlichen Gegenständen reduziert werden.

Unter Verwendung des derart erhaltenen fein getrennten Resistmusters als Maske können fein getrennte Zwischenräume oder feine Löcher auf einem Halbleitersubstrat oder einer Halbleiterbasisschicht ausgebildet werden.

Entsprechend eines solchen Herstellungsverfahrens kann eine Halbleitervorrichtung erhalten werden, die fein getrennte Zwischenräume oder Löcher aufweist.

Offensichtlich können zahlreiche Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung im Lichte der obigen Lehren vorgenommen werden. Es ist daher zu verstehen, daß die obige Beschreibung nicht als Begrenzung sondern lediglich als Erläuterung zu verstehen ist, und daß die Erfindung innerhalb des Umfangs der anhängenden Ansprüche auch anders ausgeführt werden kann, als es insbesondere oben bezüglich der Ausführungsbeispiele beschrieben wurde.

#### Patentansprüche

1. Material zur Ausbildung eines feinen Musters, das eine Art von wasserlöslichem Harz, oder eine Mischung von zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen, oder ein Copolymer, das aus zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen zusammengesetzt ist, als eine Hauptkomponente aufweist und eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure erzeugt.
2. Material nach Anspruch 1, bei dem das wasserlösliche Harz, als eine Hauptkomponente, eine Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Polyethylenoxid, Styrolmaleinsäurecopolymer, Polyvinylamin, Polyallylamin, Oxazolon-Gruppenhaltige Harze, wasserlösliche Melaminharze, wasserlösliche Harnstoffharze, Alkydharze, Sulfonamidharze, oder Mischungen derselben oder ein Salz derselben aufweist.
3. Material zur Ausbildung eines feinen Musters, das eine oder mehr Arten von wasserlöslichen vernetzenden Agentien als eine Hauptkomponente aufweist und eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure erzeugt.
4. Material nach Anspruch 3, bei dem das wasserlösliche vernetzende Agens, als eine Hauptkomponente, Melamin, ein Melaminderivat inklusive Alkoxymethylmelamin oder ein Harnstoffderivat, Benzoguanamin, Glycoluril, Glycolurilformaldehyd oder Mischungen derselben aufweist.

5. Material nach Anspruch 4, bei dem das Harnstoffderivat, als eine Hauptkomponente, Harnstoff, Alkoxymethylenharnstoff, N-Alkoxymethylenharnstoff, Ethylenharnstoff, Ethylenharnstoffkarbonsäure, oder Mischungen derselben aufweist.

6. Material zur Ausbildung eines feinen Musters, das als eine Hauptkomponente eine Mischung von einer oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen und einer oder mehr Arten von wasserlöslichen vernetzenden Agentien aufweist und eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure erzeugt.

7. Material nach Anspruch 6, bei dem das wasserlösliche Harz ausgewählt ist aus Polyvinylacetal, Polyvinylalkohol, und einer Mischung aus Polyvinylalkohol und Polyvinylacetal, und das wasserlösliche vernetzende Agens ausgewählt ist aus einem Melaminderivat, einem Harnstoffderivat, und einer Mischung der Melamin- und Harnstoffderivate.

8. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 7, das weiter einen Plastifikator als ein Additiv aufweist.

9. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das weiter ein oberflächenaktives Agens als ein Additiv aufweist.

10. Verfahren zur Ausbildung einer Halbleitervorrichtung, das die Schritte aufweist:

Ausbilden eines ersten Resistmusters (1a, 11a, 21a) aus einem ersten Resist (1, 11, 21) auf einer Halbleiterbasisschicht (3); Unterwerfen des ersten Resistmusters unter eine Oberflächenbehandlung durch ein saures Gas oder eine Wärmebehandlung, eine Belichtung mit Licht oder sowohl eine Belichtung mit Licht als auch eine Wärmebehandlung;

Ausbilden eines zweiten Resists (2, 12, 22) auf dem ersten Resistmuster (1a, 11a, 21a), der eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure erzeugt;

Ausbilden einer vernetzten Schicht (4, 14, 24) in einem Abschnitt des zweiten Resists (2, 12, 22), der in Kontakt mit dem ersten Resistmuster (1a, 11a, 21a) ist, durch die Vermittlung einer Säure, die von dem ersten Resistmuster zugeführt wird,

Entfernen nicht-vernetzter Abschnitte des zweiten Resists zur Ausbildung eines zweiten Resistmusters (2a, 12a, 22a); und

Unterwerfen der Halbleiterbasisschicht (3) unter ein Ätzen unter Verwendung des zweiten Resistmusters als Maske;

bei dem der zweite Resist aus einem Material zur Ausbildung eines feinen Musters nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem der erste Resist, als eine Hauptkomponente, eine Mischung aus Novolakharz und einem photosensitiven Naphtoquinondiazid-Agens aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem der erste Resist zusammengesetzt ist aus einem chemisch verstärkten Resist, der zum Erzeugen einer Säure in der Lage ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem der zweite Resist ein Material zur Ausbildung eines feinen Musters, wie es in den Ansprüchen 6 oder 7 definiert ist, aufweist und der Grad der Reaktion mit dem ersten Resist gesteuert wird durch Steuern des Mischungsverhältnisses zwischen dem wasserlöslichen Harz und dem wasserlöslichen vernetzenden Agens.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem der zweite Resist Polyvinylacetal aufweist und der Grad der Reaktion mit dem ersten Resist gesteuert wird durch Steuern des Grades der Acetalisierung des Poly-

vinylacetals.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem ein Lösungsmittel für den zweiten Resist Wasser oder ein wasserlösliches gemischtes Lösungsmittel ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem das erste Resistmuster und der zweite Resist, der auf dem ersten Resistmuster ausgebildet ist, zur Ausbildung der vernetzten Schicht in dem zweiten Resist, der in Kontakt mit der Oberfläche des ersten Resistmusters ist, thermisch behandelt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, bei dem das erste Resistmuster einer Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl in Abschnitten, die andere als ein vorbestimmter Bereich desselben sind, unterworfen wird, und bei dem der zweite Resist auf dem bestrahlten ersten Resistmuster ausgebildet wird, und bei dem die vernetzte Schicht in dem zweiten Resist auf dem vorbestimmten Bereich des ersten Resistmusters ausgebildet wird.

18. Halbleitervorrichtung, die durch das Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17 hergestellt ist.

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

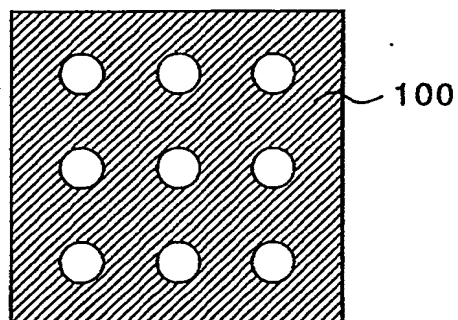
60

65

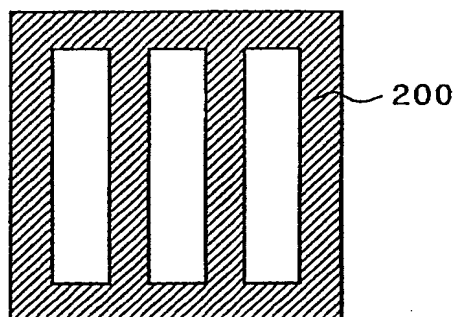
- Leerseite -



**FIG . 1 (a)**



**FIG . 1 (b)**



**FIG . 1 (c)**

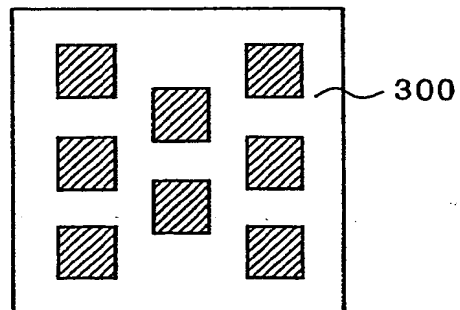


FIG. 2 (a)

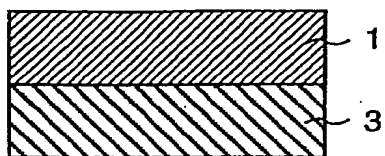


FIG. 2 (b)

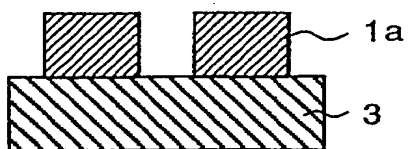


FIG. 2 (c)

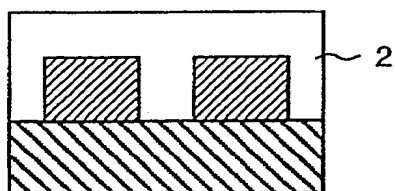


FIG. 2 (d)

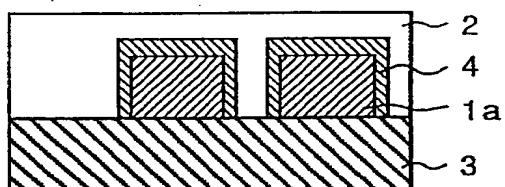


FIG. 2 (e)

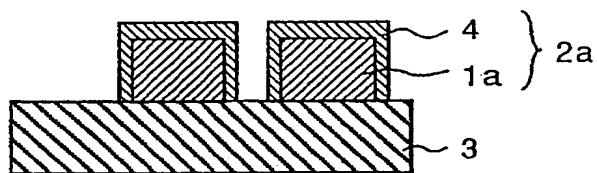


FIG. 3 (a)

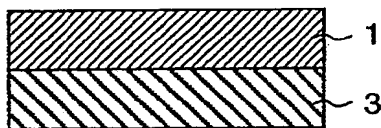


FIG. 3 (b)



FIG. 3 (c)

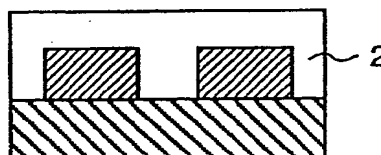


FIG. 3 (d)

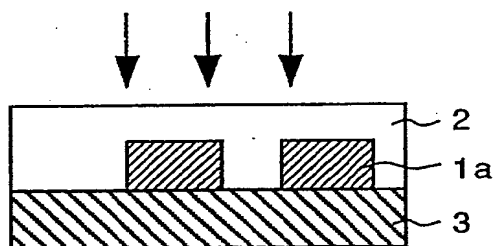


FIG. 3 (e)

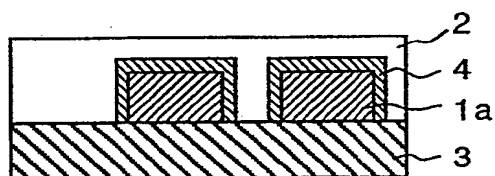


FIG. 3 (f)

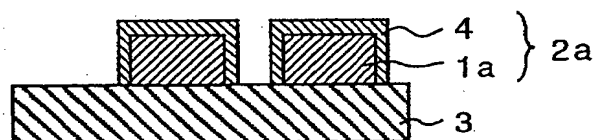
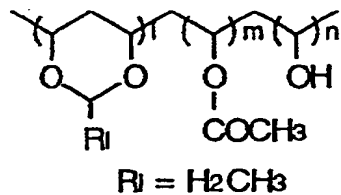
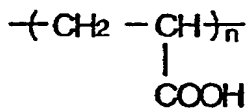


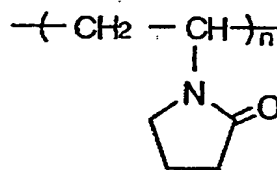
FIG. 4



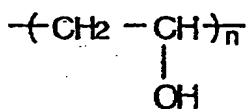
POLYVINYLACETAL



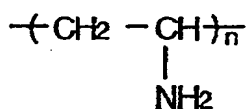
POLYACRYLSÄURE



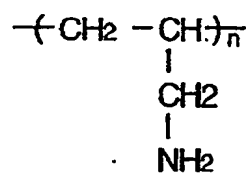
POLYVINYLPYRROLIDON



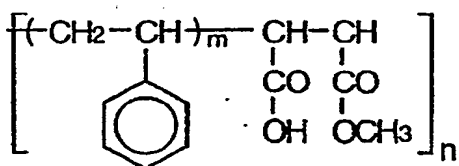
POLYVINYLALKOHOL



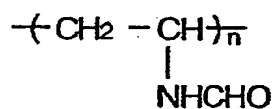
POLYVINYLAMINE



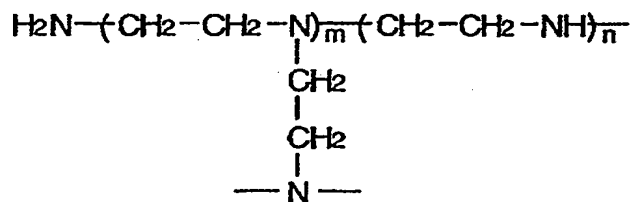
POLYALLYLAMINE



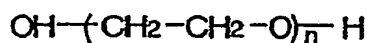
STYROLMALEINSÄURECOPOLYMER



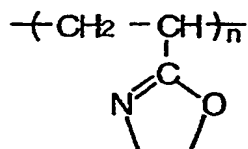
POLY-N-VINYLFORMAMID



POLYETHYLENIMID



POLYETHYLENOXID



OXAZOLON-haltiges wasserlösliches Harz

FIG. 5

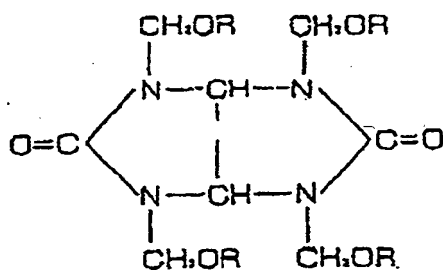
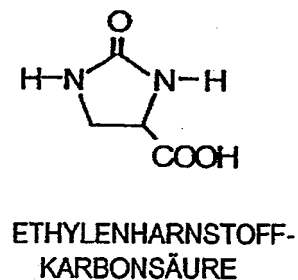
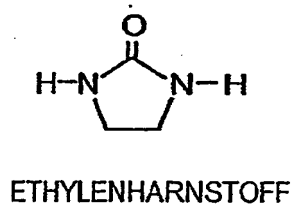
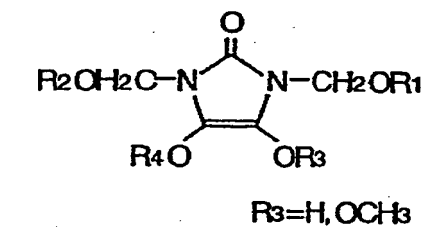
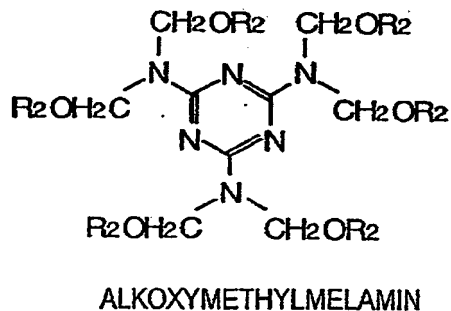
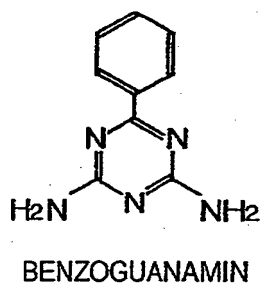
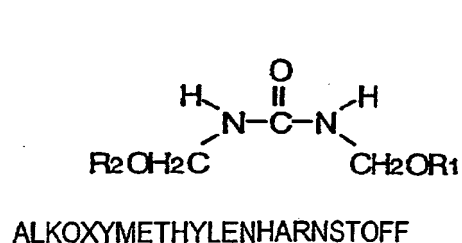
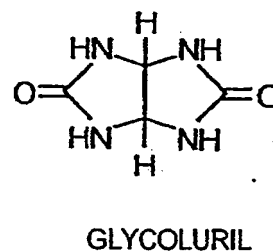
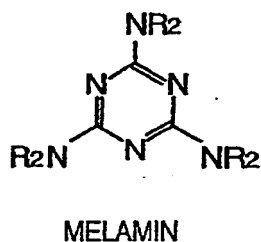
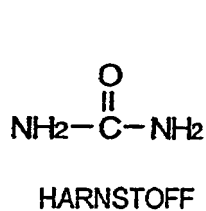


FIG. 6 (a)

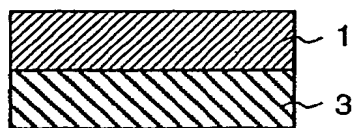


FIG. 6 (b)



FIG. 6 (c)

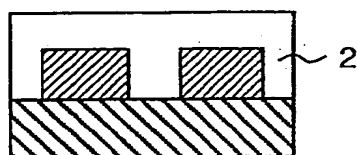


FIG. 6 (d)

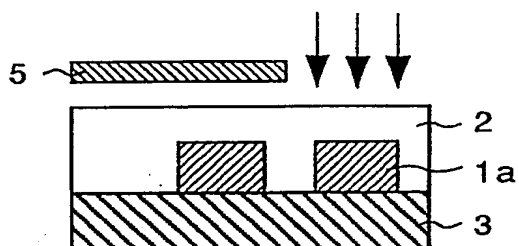


FIG. 6 (e)

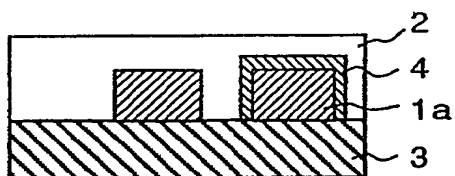


FIG. 6 (f)

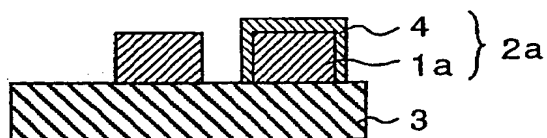


FIG . 7 (a)

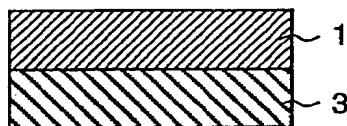


FIG . 7 (b)



FIG . 7 (c)

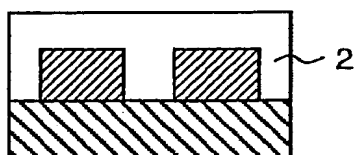


FIG . 7 (d)

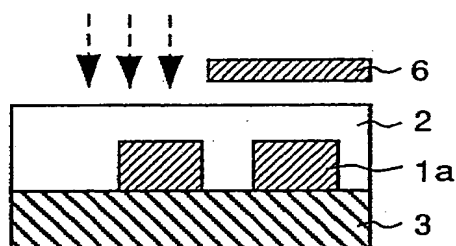


FIG . 7 (e)

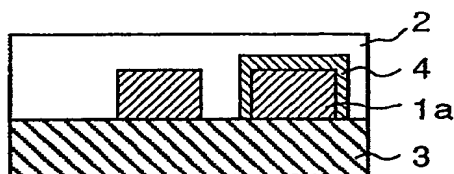


FIG . 7 (f)

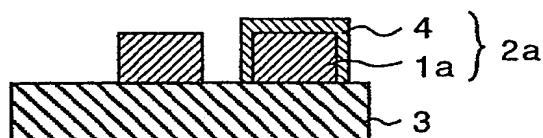




FIG. 8 (a)

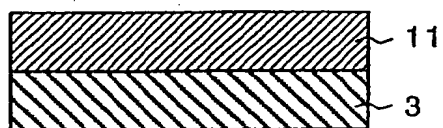


FIG. 8 (b)

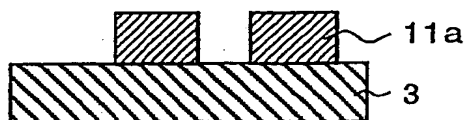


FIG. 8 (c)

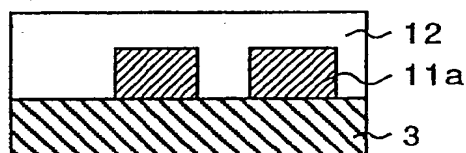


FIG. 8 (d)

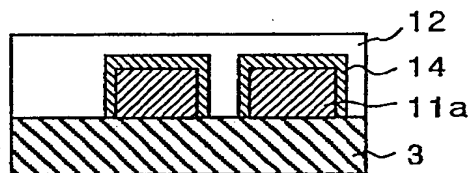


FIG. 8 (e)

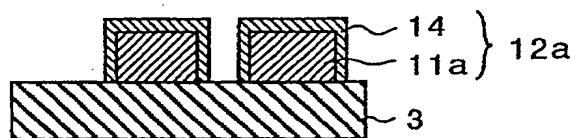


FIG. 9 (a)

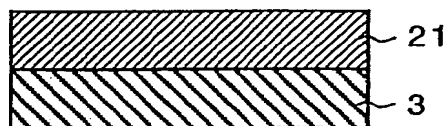


FIG. 9 (b)

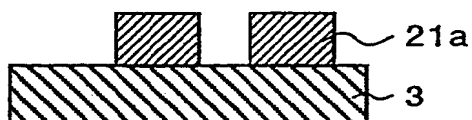


FIG. 9 (c)

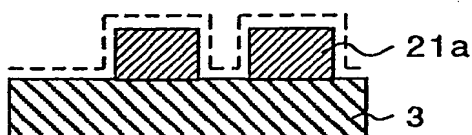


FIG. 9 (d)

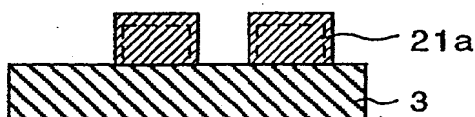


FIG. 9 (e)

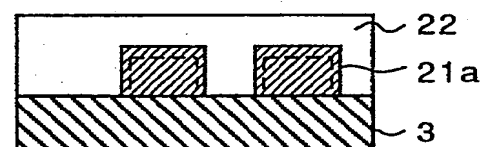


FIG. 9 (f)

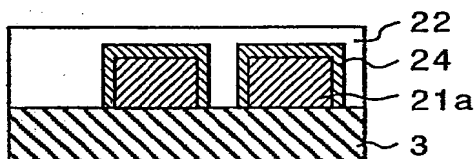


FIG. 9 (g)

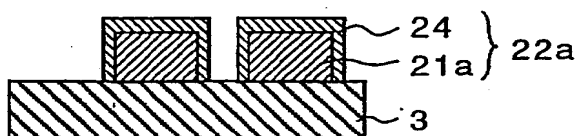


FIG. 10 (a)

RESISTMUSTER

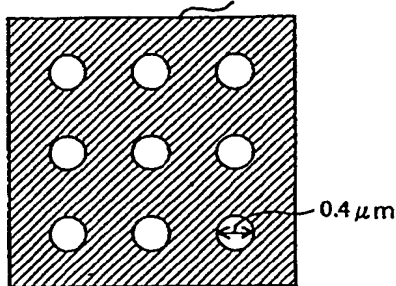


FIG. 10 (b)

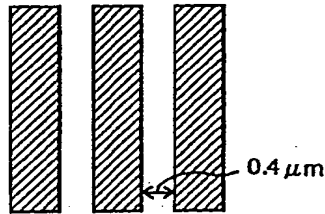


FIG. 10 (c)

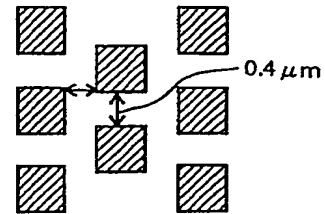


FIG. 11 (a)

RESISTMUSTER

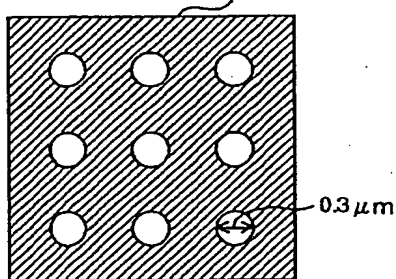


FIG. 11 (b)

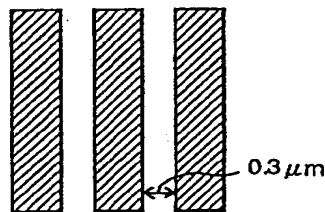


FIG. 11 (c)

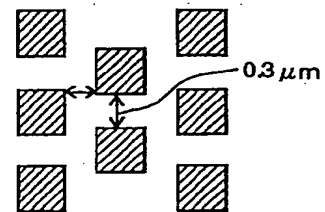


FIG. 12 (a)

RESISTMUSTER

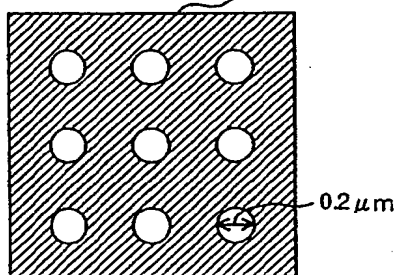


FIG. 12 (b)

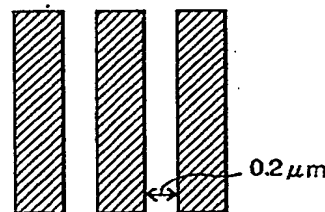


FIG. 12 (c)

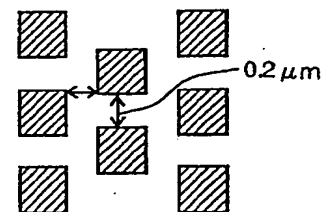


FIG. 13

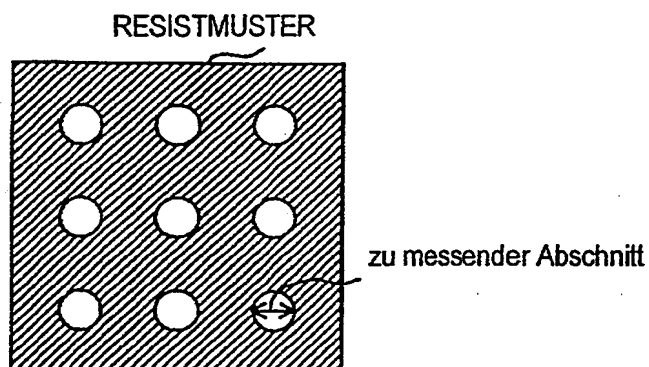
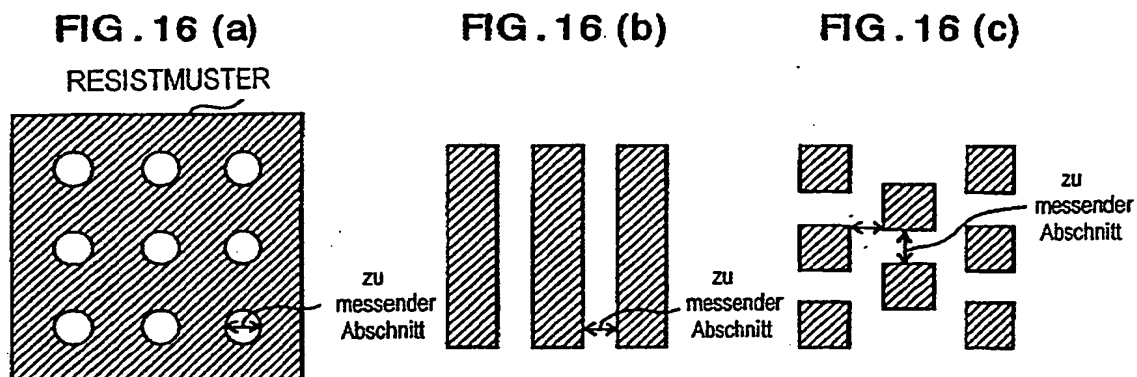


FIG. 14

| Mischungsverhältnis (Gew.) |                  |                             |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|
| POLYVINYLACETAL            | POLYVINYLALKOHOL | Lochgröße ( $\mu\text{m}$ ) |
| 0                          | 0                | 0.44 $\rightarrow$ 0.44     |
| 1                          | 0                | 0.43 $\rightarrow$ 0.35     |
| 5                          | 1.8              | 0.42 $\rightarrow$ 0.40     |
| 5                          | 3.7              | 0.40 $\rightarrow$ 0.42     |
| 0                          | 1                | 0.35 $\rightarrow$ 0.43     |

FIG. 15

| MUSTER  | Lochgröße ( $\mu\text{m}$ ) |
|---|-----------------------------|
| Vergleichsprodukt                               | 0.40                        |
| gesamte Oberfläche<br>nicht mit Licht belichtet | 0.29                        |
| gesamte Oberfläche<br>mit Licht belichtet       | 0.26                        |

**FIG. 17**

| MB-TEMPERATUR<br>(°C) |               | Lochgröße<br>( $\mu\text{m}$ ) | Linienabstand<br>( $\mu\text{m}$ ) | Inselabstand<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Beispiel 2            | RESIST allein | 0.39                           | 0.40                               | 0.40                              |
| 105                   |               | 0.30                           | 0.33                               | 0.32                              |
| 115                   |               | 0.29                           | 0.32                               | 0.28                              |
| 125                   |               | 0.25                           | 0.30                               | 0.25                              |

**FIG. 18**

|                       |  | MB-TEMPERATUR (°C) |      |
|-----------------------|--|--------------------|------|
|                       |  | 100                | 110  |
| POLYVINYLAACETAL      | KONZENTRATION VON<br>METHOXYETHYLEN-<br>HARNSTOFF (Gew%) |                    |      |
|                       | Beispiel 3   | 0.41               | 0.41 |
|                       | 0  | 0.40               | 0.39 |
|                       | 11   | 0.38               | 0.38 |
|                       | 20   | 0.34               | 0.31 |
| POLYVINYL-<br>ALKOHOL | 27   | 0.30               | 0.28 |
|                       | 0  |                    | 0.41 |
|                       | 20   |                    | 0.38 |
|                       | 40   |                    | 0.34 |

FIG. 19

| wasserlösliches Material  | Lochgröße (µm) |
|---|----------------|
| Beispiel 3  | 0.38           |
| POLYVINYLACETALHARZ allein  | 0.37           |
| POLYVINYLACETALHARZ + N-METHOXY-<br>METHYL-METHOXYMETHYLENHARNSTOFF | 0.29           |
| POLYVINYLACETALHARZ + N-METHOXY-<br>METHYL-HYDROXYMETHYLENHARNSTOFF | 0.35           |
| POLYVINYLACETALHARZ +<br>N-METHOXYMETHYL-HARNSTOFF                  | 0.25           |

**FIG. 20**

| Agens für obere Schicht                            | Resistmustergröße<br>(anfängl. Wert $\mu\text{m}$ ) | Mustergröße nach<br>Behandlung |       |
|--|---|--------------------------------|-------|
|  |   | Mischungsback-<br>temperatur   |       |
|  |   | 105°C                          | 115°C |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+ ETHYLENHARNSTOFF (10Gew%) | 0.30  | 0.28                           | 0.23  |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+ ETHYLENHARNSTOFF (20Gew%) | 0.30  | 0.24                           | 0.20  |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+ POLYVINYLALKOHOL (10Gew%) | 0.30  | 0.29                           | 0.29  |



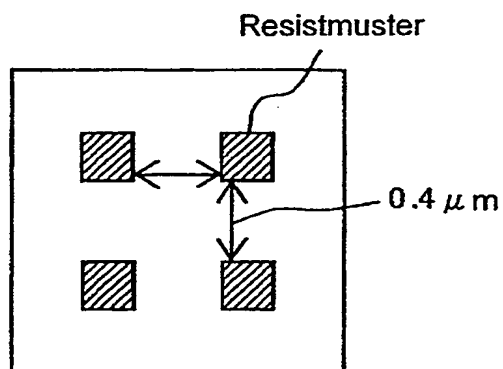
**FIG. 21**

| Agens für obere Schicht                            | Resistmustergröße<br>(anfängl. Wert $\mu\text{m}$ ) | Mustergröße nach<br>Behandlung |       |
|--|---|--------------------------------|-------|
|  |   | Mischungsback-<br>temperatur   |       |
|  |   | 105°C                          | 115°C |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+METHOXYHARNSTOFF (10 Gew%) | 0.22  | 0.21                           | 0.17  |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+METHOXYHARNSTOFF (20 Gew%) | 0.22  | 0.17                           | 0.13  |
| POLYVINYLACETALHARZ<br>+POLYVINYALKOHOL (10 Gew%)  | 0.22  | 0.21                           | 0.21  |

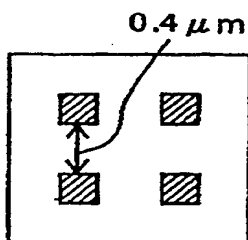
FIG. 22

|             | Resistmustergröße                     | Mustergröße nach<br>Behandlung |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Beispiel 2  | 0.39                                  |                                |
| Beispiel 21 | mit EB bestrahlter Abschnitt          | 0.39                           |
|             | nicht mit EB bestrahlter<br>Abschnitt | 0.25                           |

FIG. 23

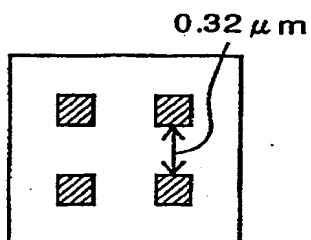


**FIG . 24(a)**



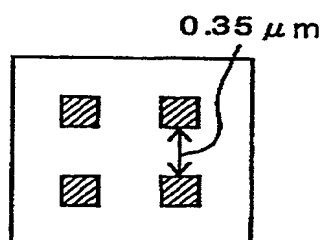
**Beispiel 2**  
**(Resist allein)**

**FIG . 24(b)**



**ETHYLENHARNSTOFF 40%**

**FIG . 24(c)**



**ETHYLENHARNSTOFF 10%**